



UNIVERSIDADE DO ALGARVE
FACULDADE DE CIÊNCIAS DO MAR E DO AMBIENTE

**AVALIAÇÃO DA BIOLOGIA REPRODUTIVA DO
CAGARRO *Calonectris diomedea borealis*
NO ARQUIPÉLAGO DOS AÇORES**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM BIOLOGIA MARINHA
ESPECIALIZAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO MARINHA

MARINA TAMAGNINI MENDES

FARO, JANEIRO DE 2008

UNIVERSIDADE DO ALGARVE
FACULDADE DE CIÊNCIAS DO MAR E DO AMBIENTE

**AVALIAÇÃO DA BIOLOGIA REPRODUTIVA DO
CAGARRO *Calonectris diomedea borealis*
NO ARQUIPÉLAGO DOS AÇORES**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM BIOLOGIA MARINHA
ESPECIALIZAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO MARINHA

ORIENTAÇÃO: PROFESSORA DOUTORA TERESA CERVEIRA BORGES

CO-ORIENTAÇÃO: DOUTOR JOSÉ XAVIER (CCMAR, UALG)

MARIA CARVALHO MAGALHÃES (DOP/UAC E IMAR)

MARINA TAMAGNINI MENDES

FARO, JANEIRO DE 2008

O conteúdo deste trabalho é da exclusiva responsabilidade do autor

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi suportado pela Comissão Europeia (MARMAC/Interreg IIIb-03/MAC4.2/A1) e IMAR (Instituto do Mar da Universidade dos Açores). A investigação no IMAR-DOP/UAc (UI&D #531 e LA#9) foi financiada pela FCT por esquemas de financiamento plurianuais e programáticos (FEDER) e também concedido pela DRCT. A licença para recolha de amostras e anilhagem dos indivíduos foi concedida pela Secretaria Regional do Ambiente e do Mar (SRAM) do Governo Regional dos Açores.

Agradeço à Professora Doutora Teresa Cerveira Borges (FCMA, UAlg) e ao Doutor Ricardo Serrão Santos (DOP/UAc) pela possibilidade de ter realizado este trabalho. Obrigada também à Maria Carvalho e José Xavier pela possibilidade de feito esta tese com eles e pela disponibilidade que tiveram comigo. Obrigada por tudo!

Um especial agradecimento aos Vigilantes da Natureza Hélder Fraga (Faial) e João Monteiro (São Jorge) pelo apoio na monitorização das colónias, com a devida aprovação da SRAM. Muito obrigada pela vossa disponibilidade! Obrigada também ao Mário Laranjo (Técnico do Departamento de Oceanografia e Pescas, Universidade dos Açores) pela mesma recolha de dados (Pico). Mas também por toda a paciência connosco no trabalho de campo, nas horas mais difíceis, pelos maravilhosos passeios pelas Ilhas (que só ele sabe mostrar!) Forte Mário!

Muito obrigada ao Doutor Joël Bried (DOP/UAc) por toda a disponibilidade em ajudar-me no tratamento estatístico e por ter corrigido toda a minha tese. A sua ajuda foi indispensável para a sua elaboração.

Obrigada ao Professor Doutor Pedro Conte de Barros (FCMA, UAlg) pelas dicas para o tratamento estatístico. Obrigada ao Professor Doutor Jaime Ramos (Universidade de Coimbra) por ter-se disponibilizado a responder às minhas dúvidas por e-mail.

Agradeço ao Ricardo Nuno Medeiros (Técnico de Sistemas de Informação Geográfica do Departamento de Oceanografia e Pescas) pela disponibilidade e paciência na produção dos mapas relativos às colónias monitorizadas. Obrigada também à Maria

Carvalho e José Xavier por terem acelerado o processo de análise do sangue das crias e à Valentina Costa por todo o procedimento.

Muito obrigada ao pessoal do Laboratório de Biologia Molecular da FCMA – Alexandra Ramos (pela paciência, disponibilidade e tudo o mais), Gonçalo Silva e Silke por me terem ajudado na simulação do protocolo utilizado para a determinação do sexo em aves.

A todos os que fizeram parte da minha estadia nos Açores! Forte maravilha!

Obrigada Eva por todos os momentos e vivências!

Obrigada Sofia pela amizade e ajuda!

Agradeço aos que me aturaram durante a fase de escrita e não-escrita desta tese! Desde a discussão de temas, construção de textos, troca de ideias, análise de dados – esse mundo que é a estatística!!! Obrigada Andy Field, pelas ajudas para o SPSS. Foste incrível!

MUITO OBRIGADA Isabel, Marta, Gi, Mafalda, Laura, Bárbara, Juba, Joana Miodonski, Jorge, Sépia, Helena, Catarina, Francisco, Bruno & Duna, Biogo, Diogo, Si, Silke, João Tiago, Xquadrão. Obrigada por estes seis anos. Obrigada por tudo!!! As restantes pessoas não mencionadas não podem usar este documento em tribunal como prova, dado que reconheço o facto de poder ter olvidado alguém.

Obrigada Si, por tudo!

À minha mãezinha e maninhas, Tia Pimpa, Avô Augusto que nunca perceberam o que eu andava por aí a fazer com uma tal ave marinha de nome Cagarro! Eu às vezes tento explicar-vos.... Mas é difícil pôr-vos a par deste maravilhoso mundo marinho!

Ao meu pai.

Obrigada a todos os que enriqueceram, enriquecem e enriquecerão os meus dias!

RESUMO

A presença de mamíferos alienígenas em ilhas oceânicas constitui a segunda maior causa de perda de biodiversidade e é responsável pela diminuição das populações de aves marinhas. Evidências históricas sustentam que a colonização dos Açores foi responsável pela diminuição progressiva das populações dos Procellariiformes. A capacidade reprodutiva dos Cagarros era somente conhecida em ilhéus sem mamíferos predadores. As colónias das ilhas (Faial, Pico e São Jorge) apresentam um sucesso reprodutor significativamente superior (86,5%) ao apresentado para o ilhéu da Vila (63,8%) (tendo em conta que os valores obtidos para as ilhas são particularmente elevados). O sucesso de eclosão é relativamente reduzido no ilhéu (65,7%), mas o sucesso de emancipação é uniforme entre todas as colónias. A competição inter e intra-específica entre espécies de Procellariiformes parecem prevalecer e ser determinantes no reduzido sucesso reprodutor do Cagarro. Das características físicas dos ninhos dos Cagarros, a altura da entrada do ninho influencia o sucesso de emancipação e reprodutor. A plasticidade desta espécie na escolha das cavidades reprodutoras pode explicar a sua ampla distribuição no Arquipélago. As crias exibem dimorfismo sexual em tamanho aos 60 dias de vida e a análise discriminante permitiu a distinção do sexo com base na sua biometria, o que pode contribuir para visitas singulares às colónias, de modo a diminuir o impacto da presença humana nas mesmas. O rácio sexual é enviesado em favor das fêmeas, embora não significativamente; a condição corporal das crias não difere entre sexos ou colónias. Apesar do reconhecido esforço pelo Governo Regional em campanhas de sensibilização é ainda premente a tomada de medidas que diminuam ou eliminem os factores causadores do impacto negativo identificados nas várias colónias (como vandalismo, presença humana, ocorrência de plantas invasoras, entre outros), de maneira a manter ou incrementar a importante população da espécie que ocorre no Arquipélago dos Açores.

Palavras-chave: Sucesso reprodutor, Cagarro, mamíferos predadores e outras ameaças, características do ninho, dimorfismo sexual nas crias

ABSTRACT

The presence of alien predators on oceanic islands constitutes the second major cause of biodiversity loss and is responsible for the decrease of seabird populations. Historical evidence suggests that human colonization was responsible for the progressive decline of Procellariiformes on the Azores archipelago. Until now, Cory's shearwater breeding success was mainly studied on islets, which are free of alien predators. The studied colonies located on main islands, where alien predators are present, show a significantly higher breeding success (86,5%) than at Vila islet (63,8%) (although the values obtained for the islands were particularly elevated). Hatching success was 65,7% lower in Vila islet compared to the islands, but the fledging success was similar between all colonies. Intra- and inter-specific competition between Procellariiformes seemed to be a more important determinant of the reduced Cory's shearwater breeding success than anthropogenic threats that were present on main islands. The height of the nest entrance was the only physical feature of the nest that influenced the fledging and breeding success. Plasticity in choosing nests might explain the species' wide distribution in the Archipelago. Chicks with sixty days displayed sexual dimorphism in size (mainly in body mass) and discriminant function analysis enabled the distinction of sexes with a single visit to the colony, minimizing the impact of human presence at colonies. The sex ratio was biased in favour of females; body condition was not different between sexes or colonies. Despite all known efforts to protect this species it is imperative to minimize the threats identified in this study (vandalism, human impact, presence of alien flora) in order to increase or at least maintain the important Cory's shearwaters population in the Archipelago of Azores.

Key-words: breeding success, Cory's shearwater, alien mammal predators and other threats, nest characteristics, sexual dimorphism on chicks

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	iv
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUÇÃO	1
AS AVES MARINHAS	1
O CAGARRO <i>Calonectris diomedea borealis</i> (Cory, 1881)	2
IMPORTÂNCIA ECOLÓGICA DO CAGARRO	5
AMEAÇAS ÀS AVES MARINHAS NOS AÇORES	5
SUCESSO REPRODUTOR	6
DIMORFISMO E RÁCIO SEXUAL EM CRIAS DE CAGARRO	8
II. OBJECTIVOS	9
III. METODOLOGIA	10
CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO	10
PERFORMANCES REPRODUTIVAS	15
DIMORFISMO SEXUAL EM CRIAS	16
ANÁLISE ESTATÍSTICA	19
ANÁLISE COMPARATIVA DOS TRÊS TIPOS DE SUCESSOS NAS DIFERENTES COLÓNIAS	19
DETERMINAÇÃO DA INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS NINHOS DE CAGARRO NOS SUCESSOS DE ECLOSÃO, DE EMANCIPAÇÃO E REPRODUTOR	20
ANÁLISE DO DIMORFISMO E RÁCIO SEXUAL DAS CRIAS DE CAGARRO	21
IV. RESULTADOS	23
SUCESSO DE ECLOSÃO, DE EMANCIPAÇÃO E REPRODUTOR DO CAGARRO	24
DETERMINAÇÃO DA INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS NINHOS NO SUCESSO DE ECLOSÃO, DE EMANCIPAÇÃO E REPRODUTOR	27
DIMORFISMO E RÁCIO SEXUAL NAS CRIAS DE CAGARRO	33
V. DISCUSSÃO	38
PRESENÇA DE INDIVÍDUOS NÃO-REPRODUTORES NAS COLÓNIAS MONITORIZADAS	38
ANÁLISE DO SUCESSO NAS COLÓNIAS MONITORIZADAS	39
DIMORFISMO E RÁCIO SEXUAL NAS CRIAS	45
AMEAÇAS IDENTIFICADAS	49
VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
ANEXOS	

I. INTRODUÇÃO

O aumento do conhecimento da dinâmica dos ecossistemas é fundamental para a predição e gestão das consequências da variabilidade ambiental e/ou impactos humanos (Cury *et al.*, 2001) no meio marinho. A conservação dos ecossistemas deve ter em conta as interacções complexas e não-lineares e os processos que determinam a sua dinâmica, essenciais para a sua manutenção (Sinclair & Byrom, 2006).

AS AVES MARINHAS

Apenas 3% das 8600 espécies conhecidas de aves exploram o habitat marinho (Furness & Monaghan, 1987). A definição de "ave marinha" não é unânime (Schreiber & Burger, 2002) mas os mesmos autores consideram que são aves que vivem e cumprem as várias fases do ciclo de vida no ambiente marinho (que inclui áreas costeiras, estuários e ilhas oceânicas).

As características demográficas das aves marinhas são muitas vezes consideradas como extremas, exibindo uma estratégia de vida *K*. São organismos de vida-longa (longevidade máxima: 20-60 anos), possuem maturidade sexual tardia, postura pequena e período extenso de atendimento aos juvenis (Schreiber & Burger, 2002; Diamond & Devlin, 2003). Cerca de 98% das espécies de aves marinhas são coloniais – desde escassos a milhares de indivíduos – e requerem a presença de outros indivíduos da mesma espécie ou de outras espécies (Diamond & Devlin, 2003) para providenciar o estímulo social necessário à reprodução (Martínez-Abraín, 2003).

Em termos evolucionistas, os Procellariiformes são uma das ordens mais antigas e com mais sucesso, mas também dos grupos taxonómicos mais ameaçados (BirdLife International 2007). São representados por cerca de 125 espécies (BirdLife International 2007) compreendidas em quatro famílias: Diomedidae (albatrozes), Procellariidae (fulmares, pardelas, freiras); Hydrobatidae (paínhos); Pelecanoididae (pardelas mergulhadoras) (Trimm, 2004; Mullaney *et al.*, 2003). A família Procellariidae, constituída por 79 espécies, é sem dúvida, considerada a mais diversa e com maior riqueza específica (Brooke, 2004).

Uma característica diagnosticante da ordem é a posse de narinas tubulares externas, dispostas no topo ou lateralmente, na mandíbula superior. Este carácter está associado ao desenvolvimento extensivo da parte olfactiva do cérebro e às glândulas

especializadas na excreção de sal, permitindo-lhes a manutenção da concentração interna em sal apropriada (Prince & Morgan, 1987; Trimm, 2004). Todas as espécies possuem bico encurvado em forma de gancho e os membros inferiores com membranas interdigitais (Prince & Morgan, 1987). Tal como os albatrozes, as pardelas são particularmente adaptadas a longas distâncias e voos económicos de largo alcance pois, proporcionalmente, possuem asas grandes e dependem do tipo de voo planado (Prince & Morgan, 1987). Desfrutam assim de numerosas adaptações que lhes conferem a habilidade de se movimentarem por grandes distâncias e/ou por grandes áreas durante a procura de presa (Schreiber & Burger, 2002). Cerca de dois terços das espécies de Procellariiformes reproduzem-se no Hemisfério Sul. Algumas espécies são comparativamente sedentárias, enquanto que outras realizam movimentos circumpolares ou migram entre hemisférios (Schreiber & Burger, 2002).

O CAGARRO *Calonectris diomedea borealis* (Cory, 1881)

O Cagarro (Cagarra ou Pardela-de-bico-amarelo) *Calonectris diomedea* (Scopoli, 1769) (Figura 1) é uma espécie politípica, sendo a subespécie *C. diomedea diomedea* (Oustalet, 1883) confinada ao Mar Mediterrâneo e a subespécie *C. diomedea borealis* (Cory, 1881) ao quadrante Noroeste do Oceano Atlântico, nos Arquipélagos da Madeira, Selvagens, Berlengas e Açores. Este último representa o limite setentrional de nidificação da subespécie atlântica (Cramp & Simmons, 1977). As pardelas existentes no Arquipélago de Cabo Verde foram inicialmente consideradas como subespécie endémica, mas são agora caracterizadas como uma espécie diferente, *Calonectris edwardsii* (Thibault *et al.*, 1997).

Reino *Animal*

Filo *Chordata*

Classe *Aves*

Ordem Procellariiformes

Família *Procellariidae*

Género *Calonectris*

Espécie *Calonectris diomedea*

Subespécie *Calonectris diomedea borealis*



Figura 1: Cagarro, *Calonectris diomedea borealis*, em voo (Fonte: Manuel Fernandes, Açores, 2006).

O Cagarro é a maior e uma das mais abundantes espécies reprodutoras de Procellariiformes no Atlântico Nordeste e nos Açores nidificam cerca de 65% da população mundial (BirdLife International 2004). Apresenta um estatuto Pouco Preocupante (LC) de um ponto de vista global (IUCN, 2004) e no Arquipélago, e é abrangida pelos instrumentos legais da Directiva Habitat – Aves, Anexo I e Convenção de Berna – Anexo II (Cabral *et al.* 2005). Em 1996, o censo populacional baseado em jangadas (conjunto de indivíduos pousados no mar) estimou cerca de 404000 indivíduos nos Açores (Monteiro *et al.*, dados por publicar) e, em 2001, a aplicação da mesma metodologia demonstrou um decréscimo de 43,8% na população (Bolton, 2001). Granadeiro *et al.* (2006) consideram que as Selvagens (Madeira) apresentam, actualmente, a maior colónia da subespécie com 29540 pares. No entanto, a espécie é considerada “Vulnerável” na Europa, possuindo o estatuto de SPEC (Species of Conservation Concern) com o grau 3 (BirdLife International 2004).

Nos Açores, os Cagarros atendem à colónia durante nove meses, desde o final de Fevereiro até finais de Outubro/início de Novembro, estando normalmente ausentes nos restantes meses, quando se deslocam para os locais de invernícia. Contudo, há registos de indivíduos de idade desconhecida, em Invernos suaves, nos Grupo Oriental (Monteiro *et al.*, 1996a) e Ocidental (J. Bried, P.-A. Crochet e E. Didner, *com. pess.*). As principais áreas pelágicas de invernícia da subespécie localizam-se no Atlântico Sul, na zona Este da América do Sul (Monteiro *et al.*, 1996a) e áreas costeiras da Cidade do Cabo (África do

Sul) (Camphuysen & Van der Meer, 2001), onde ocorrem ambas as sub-espécies (González-Solís *et al.*, 2007).

Os Cagarros reproduzem-se anualmente e são monogâmicos, pelo que os machos emparelham apenas com uma fêmea e vice-versa, para toda a vida. A incubação e atendimento aos juvenis requerem a cooperação de ambos os progenitores, o denominado cuidado biparental, que pode proporcionar um companheirismo mantido durante toda a vida (Bried & Jouventin, 2002). Como Procellariiforme, o Cagarro apresenta características extremas do ciclo de vida. A postura é de um único ovo sem capacidade de reposição em caso de perda accidental (Cramp & Simmons, 1977), acontece entre finais de Maio e início de Junho e a incubação dura aproximadamente 55 dias. A eclosão ocorre em finais de Julho, a fase de atendimento às crias prolonga-se por cerca de 95 dias e os juvenis emancipam-se a partir de finais de Outubro/início de Novembro (Figura 2). Depois da eclosão, normalmente um dos progenitores passa os primeiros dias de vida com a cria; cerca de 9 dias depois são deixadas sozinhas nos ninhos, verificando-se episódios de alimentação alternados entre progenitores, durante a noite (Granadeiro, 1991; Monteiro *et al.*, 1996a). As crias exibem um lento crescimento pós-natal e acumulação de elevadas quantidades de tecido adiposo (Ramos *et al.*, 2003).

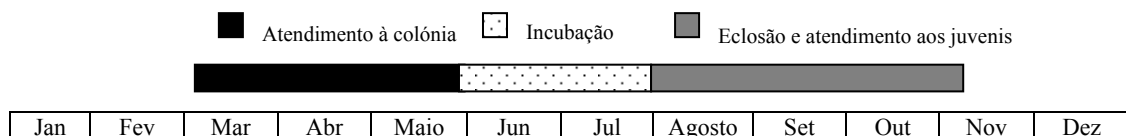


Figura 2: Esquema representativo do período de reprodução do Cagarro nos Açores. A zona escura corresponde ao período de prospecção por parte de indivíduos reprodutores e não-reprodutores (prospectores), a zona pontilhada inclui o período de incubação e a zona cinzenta a fase de eclosão e período de atendimento aos juvenis; posteriormente a este sucede a fase de emancipação dos juvenis (adaptado de Monteiro *et al.*, 1996b).

Durante a época de reprodução, as pardelas regressam ao mar para se alimentar e aos seus descendentes. A dieta do Cagarro abrange espécies de peixes epi-pelágicas e epi-mesopelágicas (como *Macroramphosus scolopax*, *Capros aper*), lulas, pequenos crustáceos e zooplâncton ocasionalmente (Monteiro *et al.*, 1996a; Granadeiro, 1998); em alguns anos alimentam-se também em grande proporção de chicharro *Trachurus picturatus* (Mendonça, Xavier & Magalhães, dados por publicar).

IMPORTÂNCIA ECOLÓGICA DO CAGARRO

A ampla distribuição dos Procellariiformes e a abundância de muitas das espécies sugere que desempenham um papel importante como consumidores de topo em sistemas marinhos pelágicos (Prince & Morgan, 1987). São um dos principais consumidores numa comunidade, sobretudo em zonas temperadas e polares (Furness *et al.*, 2000; Croxall, 1987). Podem assim ser utilizados como bio-indicadores do estado dos ecossistemas marinhos, para identificação e monitorização de alterações ambientais marinhas, no que diz respeito à produtividade marinha e interações bióticas (Martínez-Abraín, 2003; Harding, 2005).

Nos Açores, os Cagarros *Calonectris diomedea borealis* (Cory, 1881) alimentam-se em associação com outras espécies nomeadamente golfinhos (*Stenella frontalis*, *Tursiops truncatus*) e atuns (*Thunnus thynnus*, *T. albacares*), eventos que podem ser observados ao redor de todas as ilhas e ao largo do Arquipélago (Martin 1986; Monteiro *et al.*, 1996; Clua & Grosvalet, 2000). Devido a este comportamento são utilizados como indicadores da ocorrência de grandes cardumes das várias espécies de atum e como tal constituem uma mais valia para a realização da pesca de grande-escala, existente no Arquipélago (Pereira, 2005).

AMEAÇAS ÀS AVES MARINHAS NOS AÇORES

As populações de aves marinhas são afectadas, directa ou indirectamente, por factores naturais e/ou humanos (Monteiro *et al.*, 1996a):

- Podem ser vulneráveis a derrames de óleo e actividades pesqueiras;
- São condicionados pela presença humana devido à construção de infra-estruturas e desenvolvimento turístico na zona litoral, bem como despejo de desperdícios sólidos, recreio;
- Podem ser alvo de predação humana e vandalismo;
- A predação animal por mamíferos invasores representa a maior causa de mortalidade, particularmente em ilhas (costeiras ou oceânicas). Considera-se ainda a danificação do habitat por herbívoros alienígenas e as modificações na vegetação natural.

Estes factores foram também identificados para outras espécies de aves marinhas (Schreiber & Burger, 2002).

A avifauna das ilhas, ao contrário dos continentes, caracteriza-se por uma ausência de comportamentos anti-predador contra mamíferos, tornando-a especialmente vulnerável a predadores alienígenas (Furness & Monaghan, 1987).

Depois da transformação de habitat, a introdução de espécies alienígenas representa a segunda maior causa de perda de biodiversidade (Vitousek *et al.*, 1997). O impacto da presença de mamíferos introduzidos em ilhas é grave e traduz-se no decréscimo de muitas populações de espécies nativas, levando algumas à extinção (e.g. Veitch 1985). A influência da sua presença é conhecida em várias espécies (e.g. *Pterodroma hypoleuca*: Seto & Conant, 1996; Cagarro: Thibault, 1995, Igual *et al.*, 2005; Imber *et al.*, 2000, *Procellaria aequinoctialis*: Jouventin *et al.*, 2003) e diferentes locais (e.g. Mediterrâneo: Martin *et al.*, 2000, Nova Zelândia: Taylor & Thomas, 1993). Existem também vários estudos relativamente ao modo de extermínio destes predadores, que apresentam vantagens e desvantagens, como os métodos biológicos (introdução de predadores, competidores ou patógenos), químicos (envenenamento) ou físicos (armadilhagem) (Courchamp *et al.*, 2003).

Todas as ilhas do Arquipélago dos Açores encontravam-se inabitadas por humanos até ao séc. XV, mas foram depois colonizadas em poucas décadas. Desde então, a cobertura vegetal nativa sofreu alterações dramáticas e inúmeras actividades causaram impacto nas comunidades naturais (Monteiro *et al.*, 1996a; Silva, 2004). Da colonização resultou também a introdução, acidental ou intencional, de dezasseis espécies de mamíferos alienígenas como o Coelho *Oryctolagus cuniculus*, Rato *Mus musculus*, Ratazana-castanha *Rattus norvegicus* e Ratazana-preta *Rattus rattus*, Gato *Felis catus*, Cão *Canis familiaris*, Cabra *Capra hircus*, Furão *Mustela putorius furo*, entre outros (Fructuoso, 1561 in Monteiro *et al.*, 1996a).

SUCESSO REPRODUTOR

A época de reprodução é a fracção do ciclo de vida das aves marinhas com mais requisitos energéticos (Camphuysen, 2000), com vista à maximização da probabilidade de produção de juvenis com sucesso (Ashmole, 1971) face ao número de ovos na postura (sucesso reprodutor). Para as espécies que possuem a postura de um único ovo, a maioria das falhas na reprodução ocorre durante a fase de eclosão e quando os juvenis possuem poucos dias de vida (Martínez-Abraín, 2003).

O mecanismo de regulação das populações de aves marinhas inclui parâmetros como a sobrevivência da fracção adulta, o sucesso reprodutor, a sobrevivência dos sub-adultos até ao recrutamento, e também a imigração e emigração. Geralmente, os estudos populacionais baseiam-se em censos populacionais e/ou monitorização da reprodução (sucesso reprodutor) (ICES, 2000).

A reprodução do Cagarro depende de factores ambientais, parentais e comportamentais. As condições ambientais ou parentais na época de reprodução podem reflectir-se em alguns parâmetros de reprodução, como o tamanho do ovo, e o sucesso de eclosão ou reprodutivo (Croxall *et al.*, 1992). Do mesmo modo, a biologia reprodutora pode induzir mudanças das condições oceanográficas, a curto e longo prazo, de áreas para além da zona que compõe a própria colónia (Diamond & Devlin, 2003). Em termos comportamentais depende da experiência e fidelidade do casal, idade e qualidade dos indivíduos, época de reprodução e comportamento social, competição e, como espécie colonial, da posição e qualidade do ninho na colónia e densidade da mesma (Birkhead, 1977; Mougin, 1999). As actividades terrestres, muitas vezes confinadas a áreas inferiores a um hectare, são vocacionadas para o encontro e manutenção do par sexual e local do ninho, protecção do ovo e juvenis contra predadores e condições meteorológicas extremas (Diamond & Devlin, 2003). Como factores externos enuncia-se ainda a disponibilidade de alimento, a predação e a qualidade do habitat (Birkhead, 1977; Mougin, 1999). No final da época, o sucesso reprodutor integra os resultados das decisões ponderadas pelos indivíduos face às oportunidades e requisitos em constante alteração (Diamond & Devlin, 2003).

Entre os Procellariiformes, a competição intra e inter-específica pelo local do ninho é notável e a falta de condições óptimas do habitat para fins reprodutivos parece importante na limitação das populações (Monteiro *et al.*, 1996a). A fracção reprodutora da população de Cagarros é regulada pela disponibilidade de cavidades e o sucesso de eclosão pode ser influenciado pelo habitat, particularmente pelas dimensões e características físicas do ninho (Ramos *et al.*, 1997). Durante o período de reprodução, os Cagarros utilizam cavidades na terra dura ou terreno arenoso (em tocas de coelhos ou escavadas), entre rochas vulcânicas, em pequenas grutas e na base de grandes rochas (Cramp & Simmons, 1977; Ramos *et al.*, 1997). O ninho apresenta como principal função a protecção contra predadores e condições atmosféricas adversas. Providencia ainda um microclima apropriado para a incubação (tanto para o ovo como para os

progenitores) e protecção para os juvenis, tendo em conta a sua longa permanência, e para os progenitores, em todas as fases (Gill, 1990). A sua eficiência depende grandemente da sua localização (Schreiber & Burger, 2002). As cavidades utilizadas pelos Cagarros para a reprodução foram já caracterizadas e relacionadas com o sucesso de eclosão no ilhéu da Vila (Ilha de Santa Maria) por Ramos *et al.* (1997), e por Bourgeois & Vidal (2007) numa colónia das Ilhas de Hyères (França).

Os estudos sobre a produtividade dos Cagarros são confinados a alguns ilhéus desprovidos de mamíferos predadores (ilhéu da Vila, Açores: Monteiro *et al.*, 1996b, Ramos *et al.*, 1997 e 2003; Berlengas: Granadeiro, 1991; Selvagens: Mougin, 1998 e 1999, Mougin *et al.*, 2002). Léon *et al.* (2005) identificaram colónias de Cagarro nas nove ilhas dos Açores e na maioria dos ilhéus estudados, o que demonstra a ampla distribuição da espécie no Arquipélago; foi também reconhecida a presença de mamíferos predadores invasores (gatos e ratos) em todas as ilhas.

DIMORFISMO E RÁCIO SEXUAL EM CRIAS DE CAGARRO

O dimorfismo sexual pode ser manifestado pelas diferenças de tamanho e de proporções entre as partes do corpo (Selander, 1966; Campbell & Reece, 2002). Possivelmente ligado à monogamia e defesa do ninho, algumas aves marinhas evidenciam um grau de dimorfismo que varia consideravelmente entre espécies e, na maioria, o macho é ligeiramente maior que a fêmea (raramente superior a 20% em massa); existem também casos de dimorfismo sexual inverso (paínhos, fragatas, gansos-patolas tropicais, moleiros) (Fairbairn & Shine, 1993; Coulson, 2002).

Quando o grau de dimorfismo sexual é significativo, parece provável que a divergência morfológica possua significância ecológica na adaptação dos sexos a diferentes sub-nichos (Selander, 1966). Foi demonstrado para o Cagarro (Mougin *et al.*, 2000), para a Pardela-de-cauda-curta *Puffinus tenuirostris* (Bradley & Meathrel, 2006) e Albatroz-viajeiro *Diomedea exulans* (Shaffer *et al.*, 2001) que a condição física na emancipação dos Procellariiformes afecta a sobrevivência posterior.

No Cagarro, o dimorfismo sexual em crias e a taxa de crescimento das várias estruturas foram estudados nas Berlengas por Granadeiro (1991) e por Quillfeldt *et al.* (2007) relativamente ao comportamento de pedido de alimento (que difere entre sexos consoante a condição corporal); por Bretagnolle & Thibault (1995) e Genovart *et al.* (2005) em colónias do Mediterrâneo. Bretagnolle & Thibault (1995) apesar de não quantificarem, consideram que o grau de dimorfismo em tamanho, dos indivíduos na

fase de emancipação, é similar ao encontrado nos adultos. O dimorfismo sexual é mais pronunciado na massa corporal, sendo as fêmeas adultas cerca de 86% do peso dos machos (Monteiro *et al.*, 1996b).

O rácio sexual de uma população representa a proporção relativa de machos e fêmeas de uma espécie (Lombardi, 1998). Fisher (1930) argumentou que o rácio sexual da descendência é o resultado da selecção natural, por igual investimento, dos machos e fêmeas. Sendo esta relação dependente da densidade, se não se verificar a actuação de outras forças, a relação sexual média será de 1:1 (Genovart *et al.*, 2005). No Cagarro, o rácio sexual das crias é usualmente enviesado em favor dos machos (Bretagnolle & Thibault, 1995; Quillfeldt & Masello, 2004). Os machos e fêmeas pertencentes à descendência diferem morfológica, fisiológica, comportamental e geneticamente (Genovart *et al.*, 2005). Normalmente, diferem nos custos para com os progenitores em termos de solicitação de alimento e consequentemente na sobrevivência e sucesso reprodutor, pelo que se espera disparidade da mortalidade entre sexos durante a fase do ninho (Nager *et al.*, 2000) e na sobrevivência pós-emancipação, como acontece no Albatroz-viajeiro (Weimerskirch *et al.*, 2000).

II. OBJECTIVOS

Até recentemente, a produtividade dos Cagarros foi apenas avaliada em ilhéus desprovidos de mamíferos introduzidos. Os Açores representam um importante local de nidificação da espécie (65% da população mundial) e o censo populacional de 2001 (Bolton, 2001) revelou um decréscimo de mais de 40% da população em relação ao censo precedente (1996). Com a colonização do Arquipélago, as espécies de Procellariiformes foram diminuindo progressivamente nas ilhas principais, devido à predação pelos humanos e outros mamíferos introduzidos (Monteiro *et al.*, 1996b; Bolton *et al.*, 2004); contudo a maioria dos casais nidificam nas ilhas em que se verifica a existência de mamíferos introduzidos. É assim premente a análise da produtividade da espécie em colónias pertencentes às ilhas. Para tal, procedeu-se à determinação do **sucesso de eclosão, de emancipação e reprodutor** em sete colónias (Morro de Castelo Branco, Capelo, Santo António, Pocinho, Ribeira Seca, Urzelina, Ilhéu da Vila) e efectuou-se um estudo comparativo entre colónias, entre ilhas e entre ilha – Ilhéu da Vila. Recolheram-se também as **características físicas dos ninhos** utilizados pelos Cagarros com vista à determinação da sua influência nos referidos sucessos, segundo o

método utilizado por Ramos *et al.* (1997), para permitir uma comparação entre dados de anos anteriores e este trabalho. O estudo do **dimorfismo e rácio sexual nas crias** de Cagarro proporcionará o conhecimento das características biológicas, aplicáveis em investigações futuras, em prol de estudos ecológicos e comportamentais das espécies (González-Solís & Croxall, 2005) para além de permitir a sua identificação *in situ*. Os resultados obtidos foram ainda considerados de maneira a determinar as suas implicações na conservação da espécie.

III. METODOLOGIA

CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

O Arquipélago dos Açores (36-39°N, 25-31°O) possui nove ilhas de origem vulcânica recente, directamente relacionada com os movimentos tectónicos das três placas (Africana, Americana e Euroasiática), localizadas no Oceano Atlântico Norte (Figura 3), sobre a Crista Média Oceânica. Constituem três grupos principais (Oriental, Central e Ocidental) que se distribuem ao longo duma zona tectónica de cerca de 600 km, no sentido Oeste/Noroeste-Este/Sueste, com cerca de 780 km de linha de costa (Monteiro *et al.*, 1996a, 1996b) e 2352 km² de superfície terrestre (Silva, 2004). Actualmente estão identificadas 31 Zonas Importantes para as Aves, totalizando 18 159 ha, ou seja 7,8% da região (Costa *et al.*, 2003). O Arquipélago está inserido na região biogeográfica da Macaronésia, juntamente com os Arquipélagos da Madeira, Canárias e Cabo Verde (Costa *et al.*, 2003) e representa a interface entre os sistemas temperados e tropicais (Monteiro *et al.*, 1996a). A linha de costa é predominantemente de rocha basáltica com pedregulhos, possui frequentemente falésias inacessíveis de 500 m, e contém mais de 26 pequenos ilhéus (0.1-10ha) e ilhotas (<1 km) adjacentes às ilhas principais (Monteiro *et al.*, 1996b).

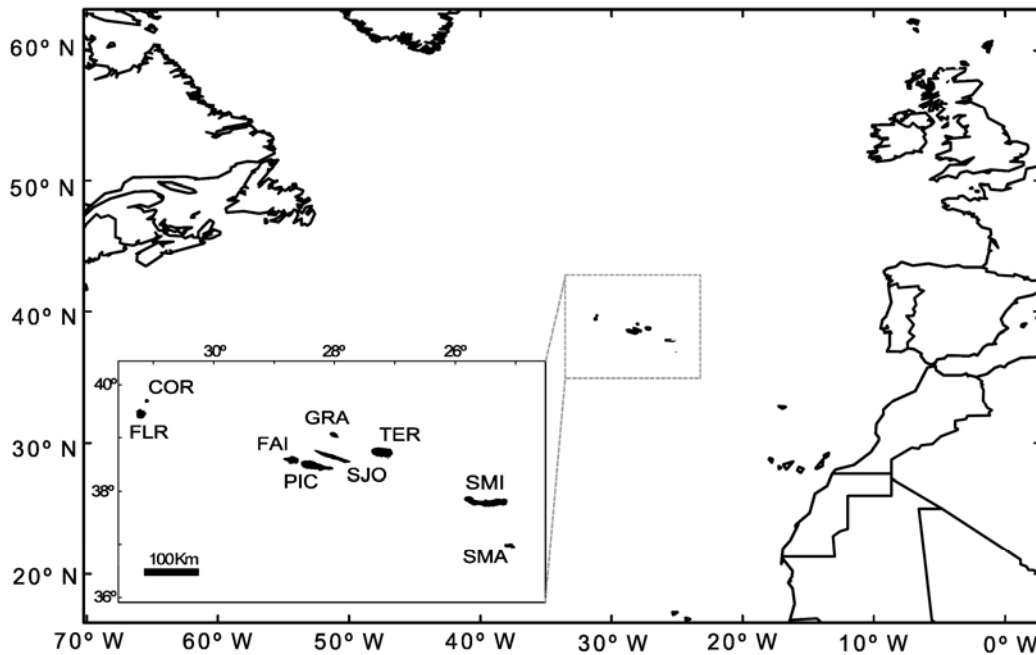


Figura 3: Arquipélago dos Açores, Grupo Ocidental – Corvo (COR) e Flores (FLR), Grupo Central – Graciosa (GRA), Terceira (TER), Faial (FAI), Pico (PIC) e São Jorge (SJO), Grupo Oriental – São Miguel (SMI) e Santa Maria (SMA).

DESCRIÇÃO DO TRABALHO DE CAMPO

O trabalho de campo foi realizado durante o período reprodutor do Cagarro, de final de Maio a Novembro de 2006, em três ilhas pertencentes ao Grupo Central (Faial, Pico e São Jorge). A recolha de dados foi efectuada em quatro visitas distintas correspondentes às fases de (i) incubação, (ii) pós-eclosão, (iii) atendimento aos juvenis e (iv) pós-emancipação dos juvenis.

Para a eleição das colónias das ilhas foi primeiramente efectuada uma prospecção, pelo reconhecimento de colónias outrora analisadas e recolha de opiniões de locais e de Vigilantes da Natureza. Relativamente ao estudo do dimorfismo e rácio sexual das crias, foram visitadas as colónias das Ilhas do Faial e do Pico, totalizando quatro colónias. De todas as colónias monitorizadas (Figuras 4 a 6), a localizada perto do Morro de Castelo Branco está incluída num Sítio de Interesse Comunitário (SIC) proposto pela Secretaria Regional do Ambiente e do Mar (Governo Regional dos Açores). Das restantes colónias das ilhas, a A2 (Capelo) encontra-se na área limítrofe da Zona de Protecção Especial (ZPE) e apenas algumas se localizam nas imediações de Zonas de Protecção Especial para as Aves, implementadas desde os anos 90, como as colónias da Ilha de São Jorge.

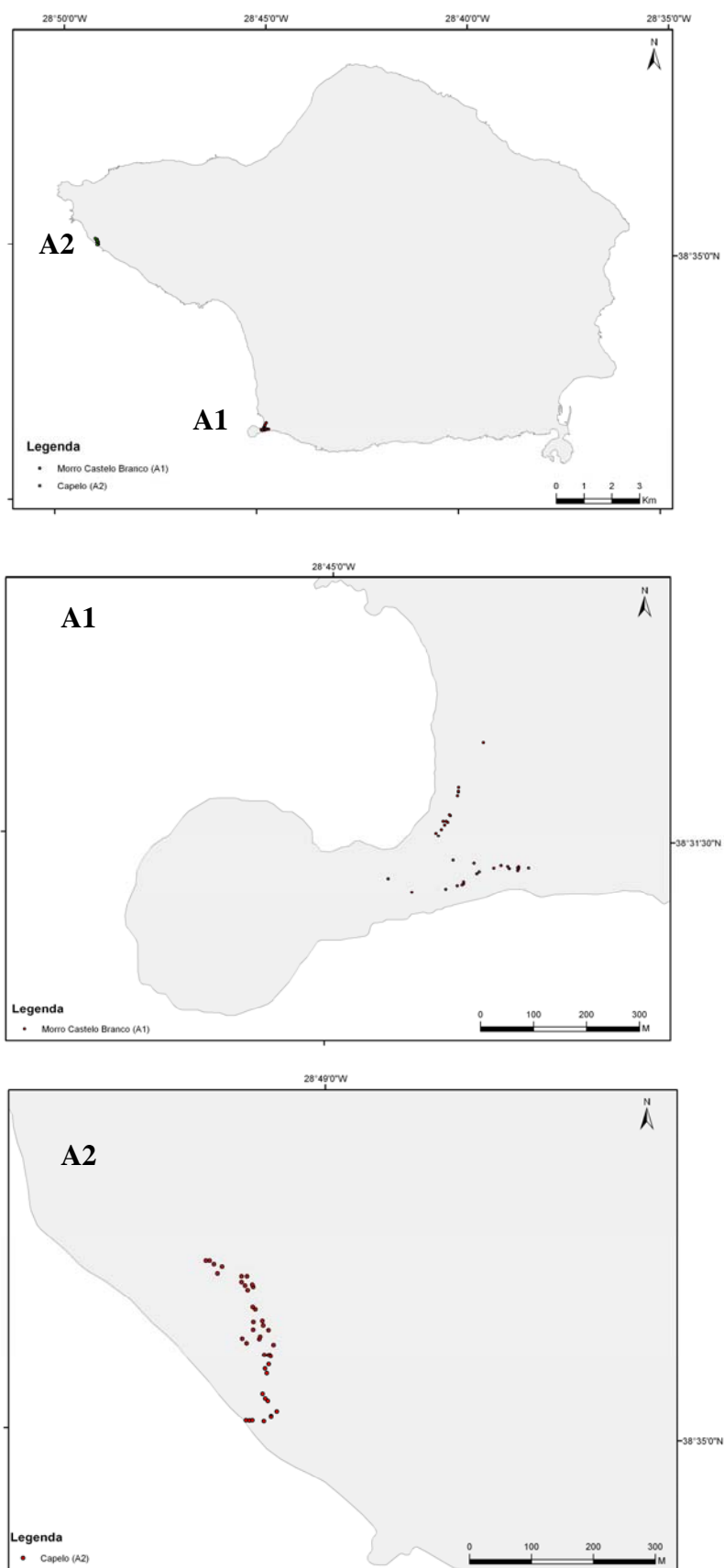


Figura 4: Localização e pormenor das colónias de Cagarro A1 (Morro de Castelo Branco) e A2 (Capelo) na Ilha do Faial (Grupo Central).

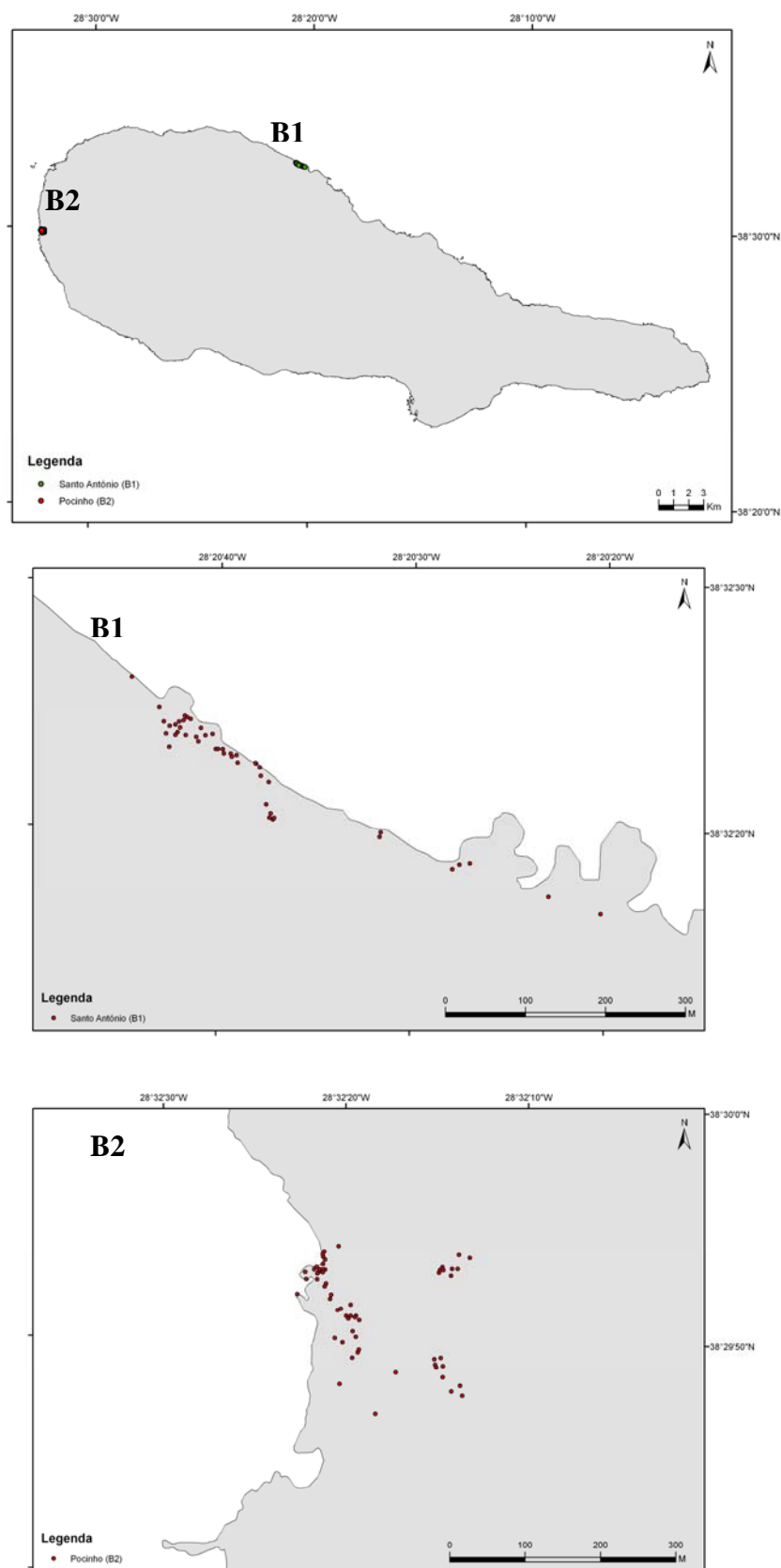


Figura 5: Localização e pormenor das colónias de Cagarro B1 (Santo António) e B2 (Pocinho) na Ilha do Pico, (Grupo Central).

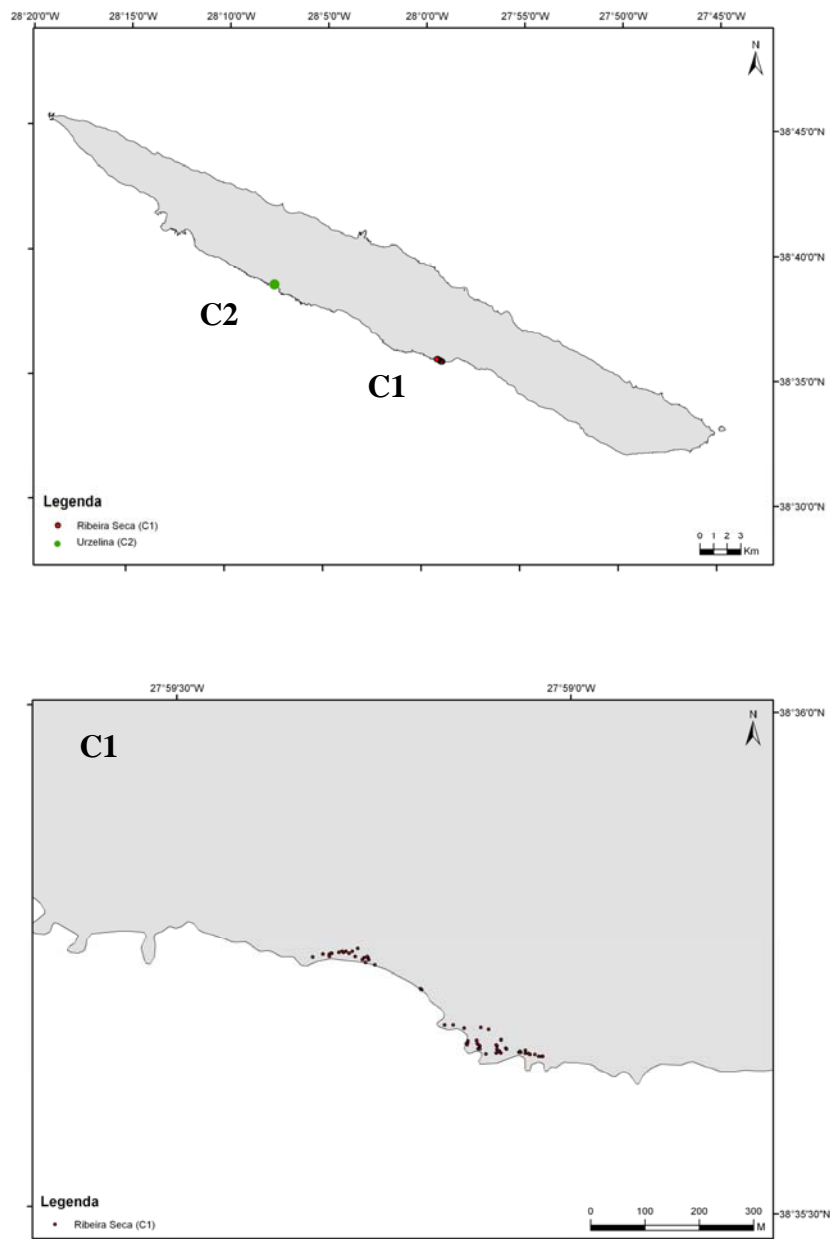


Figura 6: Localização e pormenor das colónias de Cagarro C1 (Ribeira Seca) e C2 (Urzelina) na Ilha de São Jorge, (Grupo Central).

A colónia C2 (Urzelina) não se encontra representada em pormenor, uma vez que não foi possível a detecção de sinal para a obtenção de coordenadas.

PERFORMANCES REPRODUTIVAS

(i) Na primeira fase de amostragem, que decorreu durante o período de incubação, foram identificados os ninhos ocupados. Nesta fase, alguns dos ninhos podem ser ocupados por indivíduos não-reprodutores, que apresentam uma elevada afluência à colónia durante o dia. Cada cavidade foi identificada com uma chapa metálica numerada e *spray* de cor vermelha (para posterior reconhecimento) (Figura 7). Foi também registada a posição GPS (Latitude, Longitude) de cada ninho de maneira a determinar a localização e densidade (nº ninhos/m²) das colónias monitorizadas.



Figura 7: Processo de identificação dos ninhos: 7.1) Marcação do ninho; 7.2) Pormenor da chapa metálica identificativa de cada ninho; 7.3) Pormenor da chapa metálica e *spray* vermelho para facilitar identificação dos ninhos.

O cálculo da densidade de ninhos nas colónias de Cagarro (número de ninhos/m²) foi baseado no número de ninhos monitorizados dentro da área abrangente (Figura 8), assumindo como limites da colónia os ninhos limítrofes da mesma. Foram apenas incluídos os ninhos ocupados por indivíduos que efectivamente se reproduziram. Todo o procedimento foi efectuado através do *software* ArcMap Versão 9.1.



Figura 8: Exemplo do cálculo da área da colónia para a determinação da densidade de ninhos (número de ninhos / m²).

(ii) Na segunda fase de amostragem (pós-eclosão), identificaram-se os ninhos com ovo/cria. Para a caracterização dos ninhos, determinaram-se sete variáveis para cada cavidade (três contínuas e quatro categóricas), descritas na Tabela 1. Todas as variáveis foram também determinadas por Ramos *et al.* (1997).

Tabela 1: Descrição das variáveis determinadas em cada cavidade.

Variável determinada para cada cavidade	Descrição
1 Profundidade	Profundidade máxima do ninho (m)
2. Largura da abertura	Largura máxima da abertura do ninho (m)
3. Altura da abertura	Altura máxima da abertura do ninho (m)
4. Paredes	Existência de paredes na constituição (0 – ausente, 1 – presente)
5. Tipo de ninho	Material constituinte (T – Terra, R – Rocha, M – Misto)
6. Câmara	Existência de uma câmara prévia à câmara de incubação (0 – ausente, 1 – presente)
7. Curvatura	Existência de curvatura na construção do ninho (0 – ausente, 1 – presente)

(iii) Na terceira fase (atendimento aos juvenis), registou-se a presença / ausência de crias nos ninhos previamente marcados. Em alguns ninhos, de maneira a comprovar a presença das crias dentro das cavidades, foi utilizada uma câmara de fotografia digital (*Sony P8*).

(iv) A última fase (pós-emancipação de juvenis) de recolha de dados permitiu a detecção da saída dos juvenis dos ninhos marcados, assumindo que os mesmos teriam sucesso quando os ninhos se encontravam vazios.

DIMORFISMO SEXUAL EM CRIAS

Aquando da terceira fase de amostragem foram recolhidos os dados biométricos e as amostras de sangue para a análise do dimorfismo sexual em crias, nas quatro colónias das Ilhas do Faial (A1, A2) e Pico (B1, B2). Todas as crias manuseadas foram anilhadas com anilhas provenientes do CEMPA (Centro de Estudos Migratórios para o Estudo das Aves) (Figura 9.2). Os dados biométricos recolhidos para cada cria estão descritos na Tabela 2 e representados na Figura 9. De maneira a incluir o maior número

de crias na análise, foram manuseadas todas as crias encontradas nas colónias, para além das dos ninhos monitorizados nas fases anteriores.

Tabela 2: Descrição das variáveis biométricas determinadas para cada cria de Cagarro e instrumento utilizado; a massa corporal em g e as restantes medidas em mm.

Variável biométrica e descrição		Instrumento utilizado
Massa corporal (Figura 9.1)		Balança (Pesola, 0,5g)
Comprimento da asa dobrada (distância máxima desde a junção carpal à extremidade da pena primária maior) (Figura 9.4)		Régua metálica de 300 mm com batente
Tarso (distância máxima entre a extremidade da tíbia e a extremidade do tarsometatarso) (Figura 9.3)		
Bico (Figura 9.6)	Comprimento total do bico (distância entre o limite de inserção das penas e a extremidade do bico) (a)	Craveira (diaMax, 0,1 mm)
	Altura na extremidade do bico (distância vertical ao nível da zona mais larga da extremidade, antes da curvatura do bico) (b)	
	Altura na base do bico (distância vertical ao nível do limite de inserção das penas, na zona das narinas) (c)	

De todas as crias foi recolhida uma pequena amostra de sangue (50-100 μ L) da veia da membrana interdigital, com o auxílio de uma agulha esterilizada; por capilaridade, a amostra de sangue foi transferida para um tubo capilar e posteriormente armazenada num tubo *Eppendorf* previamente preenchido com 1 mL de etanol a 100%. Cada tubo *Eppendorf* foi devidamente identificado com o número da anilha correspondente à colocada em cada indivíduo. As análises hematológicas, para a determinação do sexo das crias, foram efectuadas no Laboratório de Química do Departamento de Oceanografia e Pescas (Universidade dos Açores), segundo o procedimento descrito por Fridolfsson & Ellegren (1999). As amostras foram armazenadas entre 4 – 6°C até serem analisadas. A determinação do sexo foi baseada na amplificação do gene CHD (*Chromobox-Helicase-DNA*) – uma zona conservativa presente no gene W – através de PCR (*Polymerase Chain Reaction*). A distinção do sexo dos indivíduos é baseada na detecção de duas bandas nas fêmeas que se caracterizam por serem heterogaméticas (com dois tipos de cromossomas, Z e W) e uma banda nos machos, sendo homogaméticos (com dois cromossomas Z) (Griffiths *et al.*, 1996).

Todas as aves foram devidamente manipuladas, de maneira a provocar a mínima interferência no ciclo natural de reprodução da espécie.

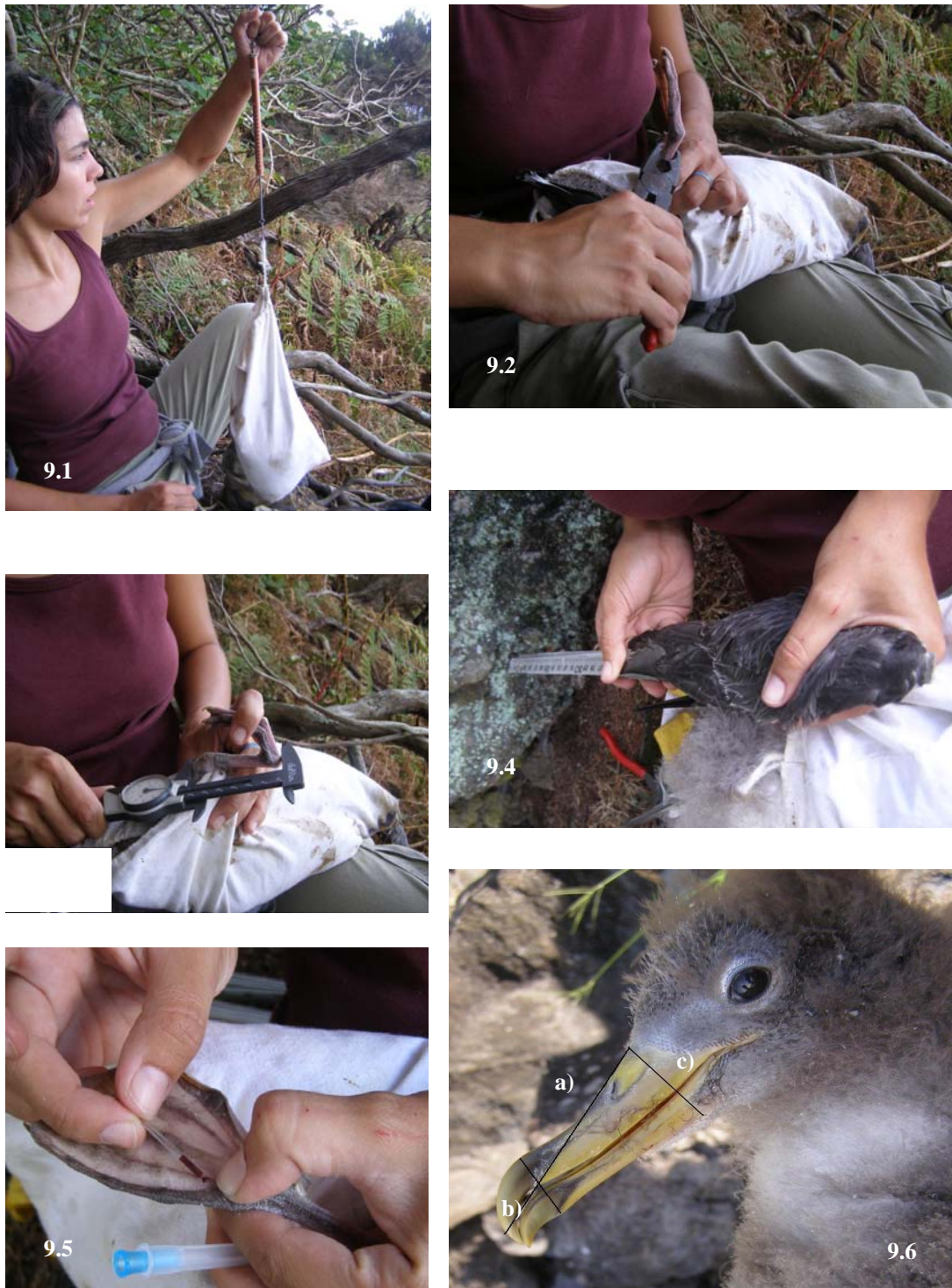


Figura 9: Manuseamento das crias de Cagarro: 9.1) Pesagem da cria, 9.2) Colocação de anilha no indivíduo, 9.3) Medição do tarso, 9.4) Medição do comprimento da asa dobrada, 9.5) Recolha de amostra de sangue, 9.6) Dados biométricos do bico: a) Comprimento total do bico, b) Altura na extremidade do bico, c) Altura na base do bico.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

ANÁLISE COMPARATIVA DOS TRÊS TIPOS DE SUCESSOS NAS DIFERENTES COLÓNIAS

A primeira fase de marcação dos ninhos ocorreu durante a postura e foram identificadas as cavidades ocupadas (durante o dia). Tendo em conta o número de cavidades de reprodutores e o número de cavidades ocupadas por indivíduos não-reprodutores, apurou-se a taxa de ninhos ocupados para cada colónia (Equação 1) que foi calculada subtraindo o número de ninhos não encontrados nas quatro fases de amostragem (incubação, pós-eclosão, atendimento aos juvenis e pós-emancipação dos juvenis, Anexo 2). Excluíram-se da análise de dados os ninhos que foram previamente considerados como tal e efectivamente não foram utilizados para fins reprodutivos.

$$\text{taxa de ocupação de ninhos (\%)} = \frac{\text{nº cavidades com ovo}}{\text{nº total cavidades ocupadas}} \times 100 \text{ (Equação 1)}$$

Com os dados das quatro fases de amostragem nas colónias, calcularam-se os sucessos de eclosão (Equação 2), de emancipação (Equação 3) e reprodutor (Equação 4), descritas em seguida.

$$\text{sucesso de eclosão (\%)} = \frac{\text{nº ovos eclodidos (eclosão)}}{\text{nº ovos (postura)}} \times 100 \text{ (Equação 2)}$$

$$\text{sucesso de emancipação (\%)} = \frac{\text{nº juvenis (emancipação)}}{\text{nº ovos (eclodidos)}} \times 100 \text{ (Equação 3)}$$

$$\text{sucesso reprodutor (\%)} = \frac{\text{nº juvenis (emancipação)}}{\text{nº ovos (postura)}} \times 100 \text{ (Equação 4)}$$

Para aumentar o tamanho da amostra e poder efectuar a comparação ilha-ilhéu foram disponibilizados pelo Departamento de Oceanografia e Pescas (Universidade dos Açores), dados do sucesso reprodutivo do Cagarro de 2006, relativos à colónia do ilhéu da Vila (J. Bried *com. pess.*) para além dos dados recolhidos nas Ilhas de São Jorge, Pico e Faial. Este ilhéu pertence à Ilha de Santa Maria (Grupo Oriental do Arquipélago) é considerado pequeno (8 ha) e apresenta diversos tipos de habitats, com falésias rochosas íngremes e de declive médio, encostas de terra com rocha e vegetação, pequenas grutas e um planalto de terra com muita vegetação e poucas rochas (Ramos *et al.*, 1997).

Os dados das colónias de São Jorge (C1 e C2) foram excluídos da análise dos sucessos de eclosão e reprodutor, uma vez que as cavidades foram marcadas perto do período de eclosão, pelo que os ninhos ocupados teriam mais hipóteses de sucesso.

O sucesso de eclosão, de emancipação e reprodutor foram comparados entre as diferentes colónias /ilhas. Por se verificar que em algumas das análises mais de 20% das frequências teóricas eram inferiores a 5, utilizou-se o Teste G (Fowler & Cohen, 1993). Quando o teste G foi significativo (H_0 : não existe efeito da colónia entre os sucessos de eclosão, de emancipação e reprodutor) foram efectuadas comparações entre pares de colónias utilizando a correcção sequencial de Bonferroni. Foi utilizada a correcção de Williams no caso de dados com 1 grau de liberdade.

DETERMINAÇÃO DA INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS NINHOS DE CAGARRO NOS SUCESSOS DE ECLOSÃO, DE EMANCIPAÇÃO E REPRODUTOR

Incluíram-se as características físicas dos ninhos (variáveis contínuas: comprimento máximo, altura e largura máxima da entrada do ninho; variáveis categóricas: tipo de ninho (Pedra, Terra Misto), presença/ausência de curva, câmara e paredes na constituição do ninho) numa Análise Múltipla de Correspondência. Esta é uma técnica exploratória que representa as associações entre um conjunto de variáveis categóricas num gráfico de dispersão ou mapa, permitindo uma análise visual dos dados (Everitt & Dunn, 2001). Neste caso foi utilizada uma Análise de Componentes Principais Categóricas (CATPCA). A variável “câmara” foi excluída desta análise por apresentar muitos valores em falta e a sua inclusão diminuir a proporção de variância total explicada. As variáveis contínuas (m) foram agrupadas em classes de maneira a serem consideradas categóricas para permitir a sua inclusão na análise (comprimento máximo do ninho – classe 1: [0.0 – 0.8[, classe 2: [0.8 – 1.6[, classe 3: [1.6 – 2.4[; largura máxima da entrada do ninho – classe 1: [0.0 – 0.5[, classe 2: [0.5 – 1.0[, classe 3: [1.0 – 1.5[; altura máxima da entrada do ninho – classe 1: [0.0 – 0.3[, classe 2: [0.3 – 0.6[, classe 3: [0.6 – 0.9[. As variáveis utilizadas são reduzidas a um determinado número de dimensões e os vectores próprios (só se consideraram os superiores a 1) providenciam os coeficientes para cada variável, na combinação linear para cada dimensão. Quanto maior esse coeficiente, maior a contribuição da variável para a dimensão (Quinn & Keough, 2005).

Foram utilizados os testes não-paramétricos de Mann-Whitney para as variáveis contínuas físicas dos ninhos e o Teste G para as variáveis categóricas, de maneira a determinar a probabilidade da existência de diferenças significativas entre as múltiplas variáveis e o número de casos (frequência absoluta) de insucesso vs. sucesso e, relativamente aos casos de insucesso, entre os ovos abandonados vs. crias mortas.

A relação entre a densidade das colónias (número de ninhos / m²) e o Sucesso Reprodutor, ambas variáveis contínuas, foi determinada pelo coeficiente de correlação r de Spearman.

A influência das várias características físicas das cavidades monitorizadas foi determinada através de uma Regressão Logística. Esta análise estatística modela a variável de resposta binária, sendo as variáveis independentes contínuas e/ou categóricas (Quinn & Keough, 2005). Assumiu-se como variável de resposta binária o sucesso / insucesso de eclosão (ovos abandonados), de emancipação (crias mortas) e reprodutor (ovos abandonados e crias mortas), e como variáveis independentes as variáveis categóricas (colónia, tipo de ninho, presença de curva, de câmara e de paredes no ninho) e as contínuas (comprimento máximo do ninho e altura e largura da entrada do ninho). Deste modo, para cada cavidade obteve-se uma variável de resposta binária e as respectivas variáveis correspondentes à cavidade. Na análise não foram utilizadas interações, mas unicamente os parâmetros. Para cada tipo de sucesso, foi iniciada a análise com todos os parâmetros incluídos e uma constante (modelo complexo); posteriormente foi removido, sucessivamente, o parâmetro com o maior efeito não-significativo, segundo o método *Backward*. Os parâmetros incluídos no modelo mais parcimoniosamente aceitável foram auferidos pelo valor do logaritmo da máxima verosimilhança (-2LL). O χ^2 obtido representa a diferença entre os valores de -2LL dos dois modelos consecutivos.

ANÁLISE DO DIMORFISMO E RÁCIO SEXUAL DAS CRIAS DE CAGARRO

Foi determinada a percentagem de dimorfismo (%) dos machos em relação às fêmeas (Equação 5), sendo X o valor médio estimado para cada uma das variáveis biométricas registadas (massa corporal, comprimento da asa dobrada, comprimento total do tarso, comprimento total do bico, altura na base e extremidade do bico) para cada sexo.

$$\text{Proporção de Dimorfismo (\%)} = \frac{X \text{ machos} - X \text{ fêmeas}}{X \text{ machos}} \times 100 \text{ (Equação 5)}$$

Confirmando previamente os pressupostos estatísticos, determinaram-se as diferenças estatísticas significativas das variáveis biométricas entre efeitos (H_0 : não existe efeito entre as variáveis) – Sexo, Colónias e interacção entre as duas variáveis – pela Análise de Variância Multivariada (MANOVA).

Depois de determinado o sexo dos indivíduos por análise molecular (PCR), procedeu-se à Análise de Função Discriminante (DFA), baseada em cinco das variáveis biométricas recolhidas. Esta técnica é utilizada em observações de grupos pré-determinados com duas ou mais variáveis de resposta para cada observação. A DFA produz uma combinação linear das variáveis que maximizam a probabilidade de atribuir correctamente as observações aos grupos pré-determinados; pode ser utilizada para classificar novas observações em um dos grupos (Quinn & Keough, 2005). O critério utilizado para a selecção das variáveis foi o Lambda Wilks. Foram respeitados todos os pressupostos inerentes à aplicação da Análise, como seja a não ocorrência de elevada correlação entre variáveis (factor de inflação da variância, VIF), sem desvios à normalidade multivariada e homogeneidade na matriz de covariância entre grupos. Pela equação obtida estimou-se o sexo dos indivíduos que não foi possível a sua determinação pela análise molecular.

Para determinar se a condição corporal das crias diferiu entre sexos (H_0 : não existe efeito do sexo na condição corporal das crias) e entre colónias (H_0 : não existe efeito da colónia na condição corporal das crias), utilizaram-se Modelos Gerais Lineares (GLM) com a massa corporal como variável resposta, o sexo como factor fixo e o índice da condição corporal como co-variável. Este índice da condição corporal foi calculado pela Análise de Componentes Principais (PCA) das variáveis morfométricas (asa, tarso, comprimento total do bico, altura na extremidade do bico, altura na base do bico) de todas as crias e utilizou-se a primeira componente principal como índice da condição corporal das crias. Foi escolhido o melhor modelo – depois de incluídas várias combinações de variáveis (com 2, 3, 4 e 5 variáveis) – com base no maior valor de proporção de variância acumulada explicada. O método de rotação dos eixos escolhido foi o “Varimax”, com normalização de Kaiser.

Foi calculado o rácio sexual (número de machos: número de fêmeas) para cada colónia e as diferenças entre colónias (H_0 : não existe efeito da colónia no rácio sexual

das crias) foram testadas através do Teste G; utilizou-se um Teste Binomial para relacionar os valores obtidos com a paridade sexual esperada (50/50).

Testou-se a correlação entre o sucesso reprodutor das colónias e o rácio sexual da descendência através do coeficiente r de Spearman.

A análise estatística foi efectuada utilizando o *software* SPSS®, Versão 15.0. Os valores médios estão representados pela média \pm erro-padrão.

IV. RESULTADOS

O presente estudo foi realizado durante o período de reprodução do Cagarro, entre Maio e Novembro de 2006, em seis colónias localizadas nas Ilhas do Faial – Morro de Castelo Branco (A1) e Capelo (A2), Pico – Santo António (B1) e Pocinho (B2) e São Jorge – Ribeira Seca (C1) e Urzelina (C2). Todas as colónias foram monitorizadas em quatro fases (Tabela 3). Os dados relativos ao ilhéu da Vila ($n=105$ ninhos) foram utilizados na análise e comparação dos sucessos de eclosão, emancipação e reprodutor entre as diferentes colónias.

Tabela 3: Registo dos dias de recolha de dados nas seis colónias das Ilhas do Faial, Pico e São Jorge (número total de ninhos monitorizados em cada colónia), acompanhadas ao longo do período de reprodução do Cagarro; os asteriscos assinalam os dados não disponibilizados.

Ilha	Colónia	Incubação	Pós-Eclosão	Atendimento aos Juvenis	Pós-Emancipação de Juvenis
Faial	A1 (9)	08 – 10 e 22 Junho	29 Julho, 17 e 22 Agosto	21 Setembro	*
	A2 (15)	15, 22 e 27 Junho	18 e 21 Agosto	23 e 24 Setembro	*
Pico	B1 (22)	29 Junho, 03 Julho	01 – 03 Setembro	27 Setembro	20 Novembro
	B2 (43)	02 Julho	29 e 31 Agosto	26 Setembro	21 Novembro
São Jorge	C1 (44)	12 – 14 Julho	02 e 03 Agosto	8 – 11 Setembro	*
	C2 (17)	16 Julho	03 Agosto	07 Setembro	*

SUCESSO DE ECLOSÃO, DE EMANCIPAÇÃO E REPRODUTOR DO CAGARRO

As seis colónias de Cagarro das ilhas apresentaram diferentes taxas de ocupação (Tabela 4), no entanto não se verificaram diferenças estatísticas significativas na análise inter-colónias ($G=1,140$, $p=0,951$, g.l.=5) nem entre as colónias da mesma ilha (Teste G, todos os valores de $p>0,444$, g.l.=1).

Tabela 4: Taxa de ocupação de ninhos de Cagarro, em cada colónia monitorizada.

Ilha	Colónia	Ocupação de Ninhos (%)
Faial	A1	58,8 (20/34)
	A2	76,9 (40/52)
Pico	B1	62,3 (38/61)
	B2	73,9 (51/69)
São Jorge	C1	72,0 (54/75)
	C2	78,3 (18/23)

As colónias da Ilha de São Jorge (C1 e C2) foram excluídas da análise entre colónias, entre ilhas e entre ilha-ilhéu para o sucesso de eclosão e reprodutor, uma vez que a monitorização dos ninhos ocorreu no final da fase de postura, tendo por isso maior hipótese de sucesso. Entre as seis colónias das ilhas, o sucesso de eclosão variou entre 77,8% (A1) e 100,0% nas colónias A2 e C2 sem ocorrência de ovos abandonados. Relativamente ao sucesso reprodutor, a colónia A1 realça-se pelo reduzido valor e a colónia B2 pelo valor mais elevado encontrado para as ilhas (Tabela 5).

Tabela 5: Sucesso de eclosão, de emancipação e reprodutor determinado para cada colónia, nas Ilhas do Faial (A1, A2), Pico (B1, B2), São Jorge (C1, C2) e ilhéu da Vila (D); entre parêntesis registou-se o número de casos de insucesso em relação ao tamanho da amostra de ninhos analisados.

Ilha	Colónia	Sucesso de eclosão (%)	Sucesso de emancipação (%)	Sucesso reprodutor (%)
Faial	A1	77,8 (7/9)	71,4 (5/7)	55,6 (5/9)
	A2	100,0 (15/15)	86,7 (13/15)	86,7 (13/15)
Pico	B1	90,9 (20/22)	90,0 (18/20)	81,8 (18/22)
	B2	97,7 (42/43)	97,6 (41/42)	95,3 (41/43)
São Jorge	C1	93,2 (41/44)	85,4 (35/41)	79,5 (35/44)
	C2	100,0 (17/17)	82,4 (14/17)	82,4 (14/17)
Ilhéu	D	65,7 (69/105)	97,1 (67/69)	63,8 (67/105)

Verificaram-se diferenças significativas entre as cinco colónias para o sucesso de eclosão ($G=32,65$, $p<0,001$, g.l.=4) e reprodutor ($G=22,79$, $p<0,001$, g.l.=4) mas não para o sucesso de emancipação ($G=9,309$, $p=0,157$, g.l.=6), entre as sete colónias monitorizadas.

Pela aplicação do Teste G na análise das combinações possíveis, as diferenças são não significativas entre as colónias da mesma ilha (A1-A2, B1-B2, C1-C2) relativamente ao sucesso de eclosão, de emancipação e reprodutor (Anexo 2).

O sucesso de eclosão pode ser considerado como homogéneo na comparação entre colónias – excluindo as colónias pertencentes à Ilha de São Jorge (C1 e C2) – pois não se verifica a ocorrência de diferenças significativas, excepto entre as colónias dos Capelo (A2) e Pocinho (B2) em relação à colónia do ilhéu da Vila (D). Na primeira colónia não se registaram ovos abandonados (em 15 ninhos), na segunda apenas a ocorrência de um ovo abandonado (1/44), valores bastante inferiores ao observado no Ilhéu da Vila (36/105). Nenhuma das colónias se distinguiu estatisticamente no sucesso de emancipação, uma vez que em todas se verificou a ocorrência de crias mortas. Nas colónias dos Capelo (A2), Ribeira Seca (C1) e Urzelina (C2) as perdas foram superiores nesta fase, do que durante o período de eclosão. Relativamente ao sucesso reprodutor, apenas a colónia do Pocinho se diferencia estatisticamente da colónia do Morro de Castelo Branco e da colónia do ilhéu da Vila por apresentar o mais elevado valor, apenas com a perda de um ovo e uma cria; as restantes comparações não são significativas (Tabela 5, Anexo 2).

Entre as colónias das ilhas, registaram-se diferenças estatísticas significativas entre as Ilhas do Faial (A), Pico (B) e Ilhéu da Vila (D) para o sucesso de eclosão ($G=27,01$, $p<0,001$, g.l.=2) e reprodutor ($G=16,96$, $p<0,001$, g.l.=2) e entre as ilhas A, B, C e Ilhéu (D) relativamente ao sucesso de emancipação ($G=6,953$, $p=0,007$, g.l.=3).

Os três sucessos diferem significativamente entre as diversas colónias estudadas mas não entre ilhas (Anexo 2). Contudo, o sucesso de eclosão na colónia do ilhéu da Vila diferencia-se estatisticamente das Ilhas do Faial ($G=7,835$, $p=0,005$, g.l.=1) e do Pico ($G=24,143$, $p<0,001$, g.l.=1) pelo elevado insucesso de eclosão. Nenhuma comparação se diferencia significativamente em relação ao sucesso de emancipação, apesar dos valores mais reduzidos se registarem nas Ilhas do Faial e São Jorge, comparativamente ao Ilhéu da Vila (Anexo 2). Quanto ao sucesso reprodutor, apenas a

Ilha do Pico se diferencia significativamente do ilhéu da Vila ($G=17,183$, $p<0,001$, $g.l.=1$), pelo elevado sucesso de eclosão e emancipação registados naquela ilha.

Entre ilha-ilhéu, o sucesso de eclosão ($G=26,935$, $p<0,001$, $g.l.=1$) e reprodutor ($G=13,732$, $p<0,001$, $g.l.=1$) são significativamente superiores na Ilha (A+B). O sucesso de emancipação ($G=1,970$, $p=0,160$, $g.l.=1$) no ilhéu é superior ao das ilhas [Ilha (A+B+C): 88,7%; ilhéu: 97,1%] embora esta diferença não seja significativa (Anexo 2).

Tabela 6: Sucesso de eclosão, de emancipação e reprodutor do Cagarro, nas Ilhas do Faial (A1, A2), Pico (B1, B2), São Jorge (C1, C2) e no ilhéu da Vila (D); (número de casos de insucesso em relação ao tamanho da amostra de ninhos analisados); as colónias de São Jorge foram excluídas da análise entre ilhas e ilha-ilhéu para os sucessos de eclosão e reprodutor, pelo que só foram somados em “Ilha” para o sucesso de emancipação.

	Sucesso de eclosão (%)	Sucesso de emancipação (%)	Sucesso reprodutor (%)
Faial (A1+A2)	91,7 (22/24)	81,8 (18/22)	75,0 (18/24)
Pico (B1+B2)	95,4 (62/65)	95,2 (59/62)	90,8 (59/65)
São Jorge (C1+C2)	95,1 (58/61)	84,5 (49/58)	80,3 (49/61)
Ilha (A+B+C)	94,4 (84/89)	88,7 (126/142)	86,5 (77/89)
Ilhéu (D)	65,7 (69/105)	97,1 (67/69)	63,8 (67/105)

O abandono do ovo ou, numa fase mais tardia, a morte da cria (Figura 10), quer por predação, falta de alimento ou outras razões não determinadas, foram as duas causas possíveis identificadas nas colónias monitorizadas e que conduziram ao insucesso reprodutor.



Figura 10: Tipo de causas de insucesso (ovo abandonado e cria morta) encontradas nas colónias de Cagarro monitorizadas.

DETERMINAÇÃO DA INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS NINHOS NO SUCESSO DE ECLOSÃO, DE EMANCIPAÇÃO E REPRODUTOR

A Figura 11 ilustra os três tipos de ninhos identificados, tendo em conta o tipo de material constituinte (Pedra, Terra e Misto); no total foram caracterizados 147 ninhos.



Figura 11: Tipos de ninhos (pedra, terra e misto) de Cagarro, identificados nas colónias monitorizadas.

Verificou-se a presença de diversos tipos de materiais dentro de todos os ninhos, como pequenos ramos e folhas secas provenientes da vegetação circundante, pedras, terra e ossos de animais. Estes materiais fazem parte da preparação do ninho por parte dos progenitores, na medida em que podem providenciar a protecção do ovo e cria. Ao longo do período de reprodução verificou-se um aumento da presença de penugem das crias e penas dentro dos ninhos.

De um ponto de vista geral, os ninhos apresentam um comprimento médio de $0,83 \pm 0,03$ (m), largura média de $0,33 \pm 0,02$ (m), altura média de $0,24 \pm 0,01$ (m); as colónias eram constituídas, em média, por $1,79 \pm 0,60$ ninhos por metro quadrado. Os mais representativos são os ninhos constituídos unicamente por Pedra (68,0%) sendo os de Terra menos frequentes (6,1%). Relativamente à presença de curva e de câmara (entrada indirecta do ninho), verifica-se um maior número de ninhos não-curvados (63,4%) e sem câmara de entrada (70,8%). Os ninhos que apresentam paredes na sua constituição são os mais frequentes (79,3%).

A análise de componentes principais categóricas (CATPCA) possibilitou definir os tipos de ninhos. A redução de dados permitiu a obtenção de três dimensões (com 71.3% da variância acumulada explicada, incluindo apenas os vectores próprios superiores a 1). A primeira dimensão caracteriza as variáveis categóricas (tipo de ninho, presença/ausência de curva e paredes), a segunda dimensão traduz a entrada do ninho

(classes de largura e altura), enquanto que a dimensão 3 representa exclusivamente as classes de comprimento do ninho (Tabela 7).

Tabela 7: Valores apresentados para cada dimensão produzida pela CATPCA, para as variáveis características dos ninhos de Cagarro; as variáveis mais relevantes para cada dimensão estão assinaladas a negrito.

Variável	Dimensão		
	1	2	3
Tipo de Ninho	-0,830	-0,280	0,055
Presença de Curva	0,616	0,154	-0,011
Presença de Paredes	-0,793	-0,353	-0,062
Classes de comprimento	-0,041	0,106	0,980
Classes de largura	-0,397	0,729	-0,216
Classes de altura	-0,520	0,602	0,082

A análise da Figura 12 permite a exploração da relação das variáveis dos 147 ninhos caracterizados, com base na disposição do número de casos (Figura 13) em cada combinação de dimensões, e pelas variáveis por elas caracterizadas (Tabela 7). Os ninhos intermédios e mais compridos (classes 2 e 3 em comprimento, respectivamente) possuem uma entrada do ninho mais reduzida em altura e largura. Os ninhos de pedra são mais compridos, possuem paredes, entrada sem curva e mais estreita (em altura e largura), enquanto que os de terra são desprovidos de paredes na sua constituição e apresentam um comprimento intermédio. Os ninhos mistos são também mais compridos e possuem uma entrada curvada.

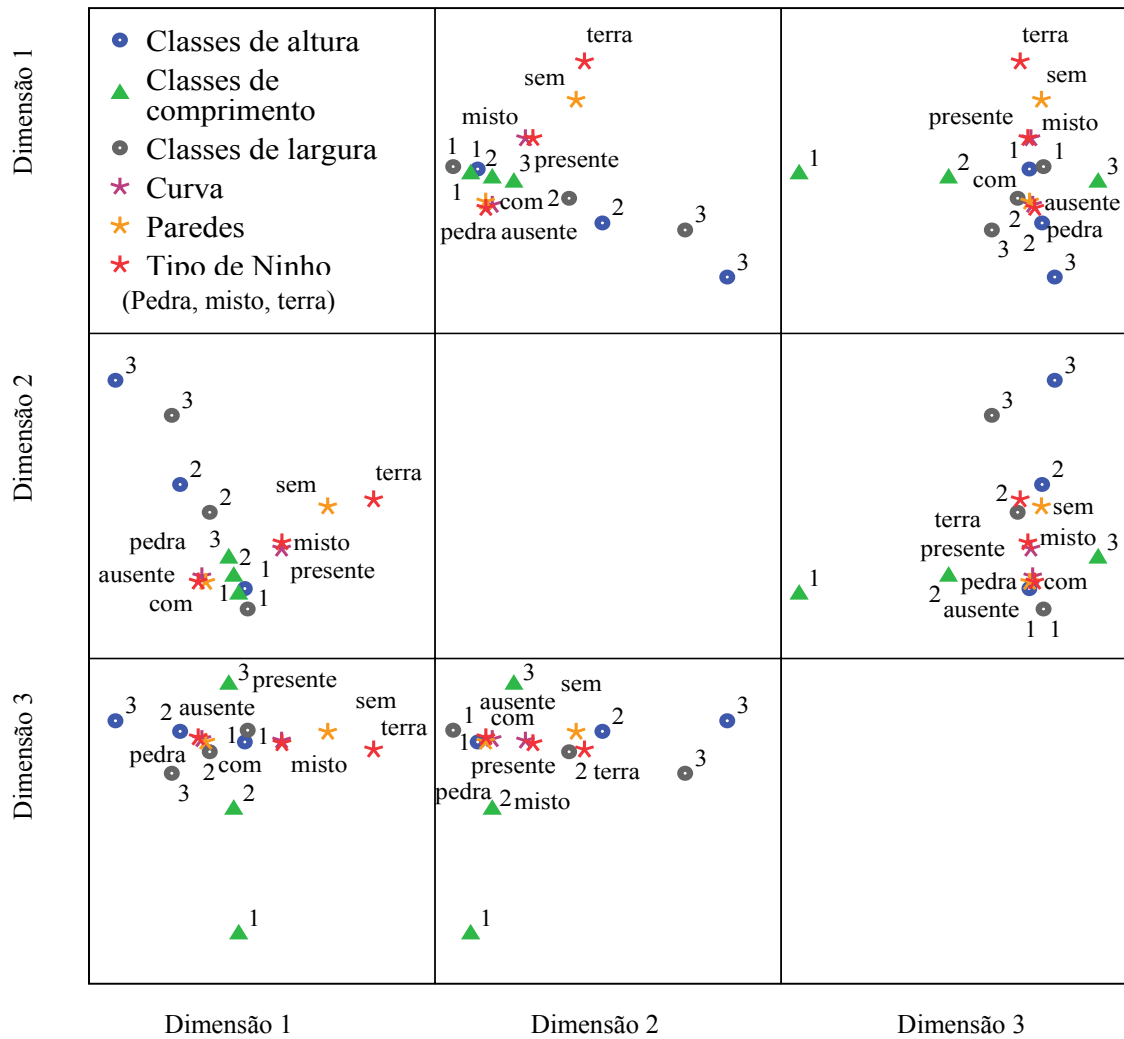


Figura 12: Matriz de gráficos de dispersão que relaciona as dimensões obtidas pela CATPCA; as variáveis categóricas (tipo de ninho, presença/ausência de curva e paredes) estão representadas por asteriscos (dimensão 1), as classes das medidas da entrada do ninho (largura e altura) por círculos (dimensão 2) e as classes do comprimento dos ninhos por triângulos (dimensão 3).

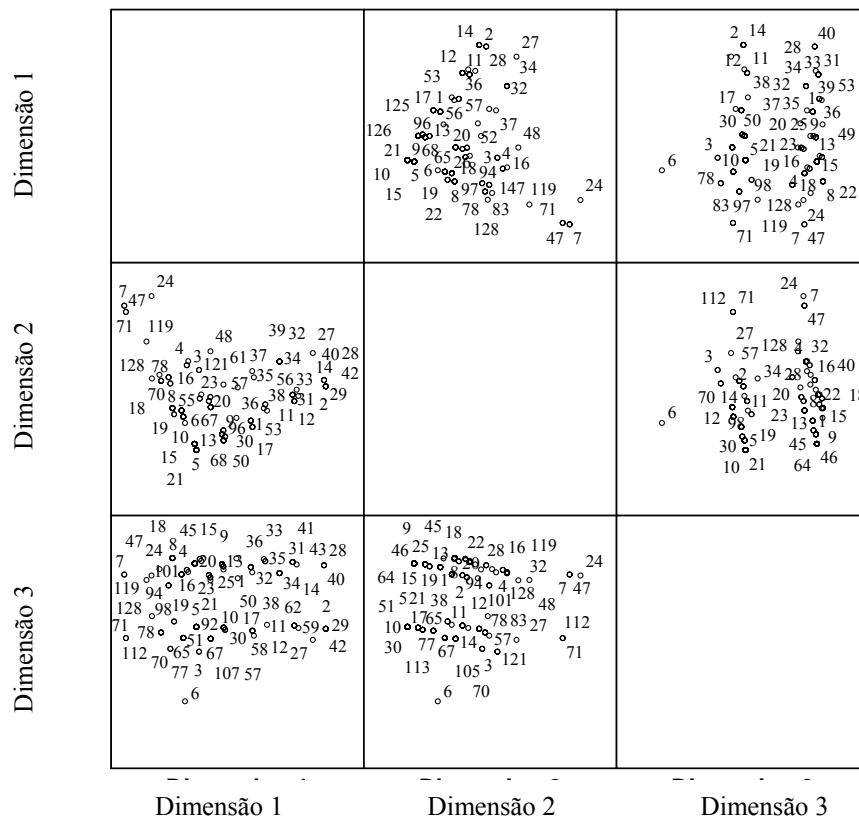


Figura 13: Matriz de gráficos de dispersão que relaciona as dimensões obtidas pela CATPCA e a disposição do número de casos em cada combinação de dimensões.

A densidade das colónias (n° ninhos/ m^2) e o sucesso reprodutor evidenciam uma correlação não significativa (Correlação de Spearman: 0,5, $p > 0,391$, $n=5$). Contudo, a colónia da Ribeira Seca (C1) apresentou a maior densidade de ninhos (3,99 ninhos/ m^2) em oposição à colónia do Morro de Castelo Branco (A1) que apresentou o mais reduzido valor, com 0,47 ninhos/ m^2 e também o mais reduzido sucesso reprodutor, relativamente às colónias das ilhas.

O sucesso/insucesso nos ninhos de pedra não é significativamente inferior ou superior ao sucesso/insucesso observado nos outros tipos de ninhos. A presença/ausência de curva, câmara ou paredes na constituição do ninho não distingue os casos de sucesso/insucesso (Tabela 8). Relativamente às variáveis contínuas, os ninhos com ovos abandonados e crias mortas são mais compridos e com altura da entrada mais elevada que os ninhos com sucesso. No entanto, os ninhos com insucesso de eclosão apresentam a entrada mais larga que os ninhos em que se verificaram crias mortas e os com sucesso reprodutor. Nenhuma das variáveis contínuas se diferencia entre os dois casos analisados, excepto a altura da entrada do ninho que é

significativamente inferior nos ninhos com sucesso reprodutor (sucesso: $0,23 \pm 0,01$, insucesso: $0,30 \pm 0,04$; Tabela 9).

Tabela 8: Frequência absoluta de ninhos com sucesso e insucesso (ovos abandonados e crias mortas), tendo em conta as variáveis categóricas dos ninhos (tipo de ninho, presença / ausência de câmara e curva e de paredes na constituição do ninho); análise com base no Teste G.

Variável	Sucesso	Insucesso			Total	Teste G	
		Ovos abandonados	Crias mortas	Total		Sucesso vs. Insucesso	Entre insucessos
Ninho pedra	85	11	4	15	100	0,46 ^{ns}	0,822 ^{ns}
Ninho terra	7	1	1	2	9		
Ninho misto	31	4	3	7	38		
Com câmara	40	5	2	7	47	0,639 ^{ns}	0,102 ^{ns}
Sem câmara	66	11	6	17	83		
Com curva	42	9	2	11	53	1,044 ^{ns}	2,177 ^{ns}
Sem curva	79	7	6	13	92		
Sem paredes	26	3	1	4	30	0,46 ^{ns}	0,822 ^{ns}
Com paredes	95	13	7	20	115		

^{ns} P>0,05

Tabela 9: Valores (média \pm erro-padrão) das variáveis contínuas dos ninhos (comprimento máximo, largura e altura da entrada do ninho), tendo em conta as situações de sucesso e insucesso (ovos abandonados e crias mortas); unidades em m, entre parêntesis o número de casos analisados em cada situação; análise com base no teste não-paramétrico U de Mann-Whitney.

Variável	Sucesso (123)	Insucesso			Teste U de Mann-Whitney	
		Ovos abandonados (8)	Crias mortas (16)	Total (24)	Sucesso vs. Insucesso	Entre insucessos
Comprimento	$0,82 \pm 0,03$	$0,91 \pm 0,23$	$0,86 \pm 0,08$	$0,87 \pm 0,09$	1430,5 ^{ns}	58,5 ^{ns}
Largura da entrada	$0,32 \pm 0,02$	$0,50 \pm 0,16$	$0,27 \pm 0,03$	$0,34 \pm 0,06$	1423,5 ^{ns}	35,0 ^{ns}
Altura da entrada	$0,23 \pm 0,01$	$0,30 \pm 0,08$	$0,30 \pm 0,04$	$0,30 \pm 0,04$	1004,5*	57,0 ^{ns}

* P<0,05, ^{ns} P>0,05

Relativamente ao sucesso de eclosão, as características dos ninhos analisadas pela regressão logística evidenciaram-se como não significativas (todos os valores de p>

0,148). Obtiveram-se dois modelos para o sucesso de emancipação e reprodutor (Tabelas 10 e 11, respectivamente). A variável que influenciou significativamente o sucesso de emancipação foi a altura máxima da entrada do ninho; a largura máxima da entrada do ninho e a curva, apesar de não significativas, foram incluídas no modelo final (Tabela 10). Optou-se por rejeitar o modelo seguinte, sem a presença da variável curva, apesar de ser estatisticamente aceitável ($\chi^2 = 3,126$, $p > 0.07$, g.l.=1), pois o modelo explica uma percentagem muito reduzida da variância. Para o sucesso reprodutor, foi a altura máxima da entrada do ninho a variável que novamente se destacou significativamente (Tabela 11).

Tabela 10: Variáveis incluídas no modelo final para o sucesso de emancipação, n = 137 ninhos.

Variável	χ^2 Wald	g.l.	p
Altura	7,776	1	0,005
Largura	3,637	1	0,057
Curva	3,054	1	0,081
Constante	5,067	1	0,024
-2LL	86,882	133	0,999

Tabela 11: Variáveis incluídas no modelo final para o sucesso reprodutor, n = 147 ninhos.

Variável	χ^2 Wald	g.l.	P
Colónia	10,173	5	0,070
Altura	5,219	1	0,022
Constante	9,721	1	0,002
-2LL	114,320	140	0,945

DIMORFISMO E RÁCIO SEXUAL NAS CRIAS DE CAGARRO

As amostras de sangue das crias de Cagarro foram recolhidas na fase de pré-emancipação, entre 21 e 27 de Setembro de 2006, nas colónias das Ilhas do Faial (A1, A2) e Pico (B1 e B2). Ramos *et al.* (2003) determinaram $95,7 \pm 2,3$ dias de atendimento aos juvenis até à sua emancipação e a data média de eclosão a $24 \pm 3,4$ de Julho ($n=86$). Estimou-se que as crias manuseadas neste estudo possuíam cerca de 60 dias de vida na fase final do período de recolha de dados, assumindo a mesma data de eclosão obtida por Ramos *et al.* (2003).

A amplificação em PCR das 88 amostras de sangue recolhidas permitiu a determinação do sexo em 63 dos indivíduos, dos quais 28 são machos e 35 são fêmeas; não foi possível a determinação do sexo em 25 amostras.

As variáveis biométricas das 63 crias revelaram dimorfismo sexual no tamanho. Excluindo o comprimento total da asa, todas as variáveis são significativamente diferentes entre sexos, sendo os valores dos machos superiores aos das fêmeas (Tabelas 12 e 13; Anexo 3). O grau de dimorfismo sexual nas crias diferiu entre variáveis, a massa corporal apresenta o maior grau de dimorfismo, mas são as três variáveis do bico (comprimento total, altura da extremidade e da base do bico) que permitem uma distinção mais acessível, pois apresentam diferenças altamente significativas entre sexos (Tabelas 12 e 13). O comprimento total da asa apresenta a menor variação entre sexos (0,74%) e é a única variável sem distinção entre o sexo das crias (Tabelas 12 e 13). Apenas o comprimento total do bico apresenta diferenças estatísticas significativas entre colónias, sendo as restantes variáveis biométricas equivalentes entre as quatro colónias monitorizadas. Não foi detectado nenhum efeito da interacção Sexo * Colónia entre as variáveis, ou seja nenhuma difere entre sexos, entre colónias.

Tabela 12: Variáveis biométricas (média \pm erro-padrão) (N) e % de dimorfismo de crias de Cagarro com cerca de 60 dias de vida (das mesmas crias foram recolhidas amostras de sangue).

	Machos	Fêmeas	% Dimorfismo
Massa corporal (g)	1173,0 \pm 25,7 (27)	1045,0 \pm 20,3 (35)	10,9
Tarso (mm)	67,0 \pm 0,5 (28)	64,3 \pm 0,3 (35)	3,92
C Asa dobrada (mm)	241,0 \pm 4,1 (28)	240,0 \pm 3,9 (35)	0,74
CTotal Bico (mm)	55,0 \pm 0,4 (28)	52,1 \pm 0,3 (35)	5,09
Alt Ext Bico (mm)	14,0 \pm 0,1 (28)	12,8 \pm 0,1 (35)	8,28
Alt Base Bico (mm)	20,0 \pm 0,1 (28)	18,3 \pm 0,2 (35)	7,39

Tabela 13: Efeito do Sexo, Colónia e Sexo * Colónia nas variáveis biométricas das crias de Cagarro (massa em g e restantes medidas em mm); F e nível de significância (p) obtidos pela Análise de Variância Multivariada incluindo todas as medidas; n: número de indivíduos incluídos, g.l.: graus de liberdade.

	Sexo			Colónia		Sexo * Colónia	
	n	g.l.	F	g.l.	F	g.l.	F
Massa	62	1	4,740**	3	0,806 ^{ns}	3	0,396 ^{ns}
Tarso	63	1	14,165*	3	1,224 ^{ns}	3	0,193 ^{ns}
C Asa dobrada	63	1	0,396 ^{ns}	3	2,159 ^{ns}	3	0,066 ^{ns}
CTotal Bico	63	1	18,828*	3	3,595*	3	1,078 ^{ns}
Alt Ext Bico	63	1	42,783*	3	1,191 ^{ns}	3	1,225 ^{ns}
Alt Base Bico	63	1	22,690*	3	1,066 ^{ns}	3	2,490 ^{ns}

* P<0,05, ** P<0,01, ^{ns} P>0,05

Para o estudo do tamanho corporal das crias, procedeu-se a várias Análises de Componentes Principais (PCA) de diversas combinações de variáveis morfométricas (excluiu-se a massa corporal). Foi escolhida a combinação que explicou a maior proporção de variância acumulada (91,8%) e que incluía as variáveis comprimento da asa dobrada, altura na extremidade e na base do bico. O componente principal 1 (CP1) do modelo escolhido (Anexo 4) foi utilizado como índice do tamanho corporal e incluído como co-variável no GLM. O tamanho corporal das crias antes da emancipação não diferiu entre sexos ($F_{1,53}=0,018$, $p=0,893$), entre as colónias ($F_{3,53}=0,466$, $p=0,708$) ou entre a sua interacção ($F_{3,53}=0,200$, $p=0,896$) (Figuras 14 e 15).

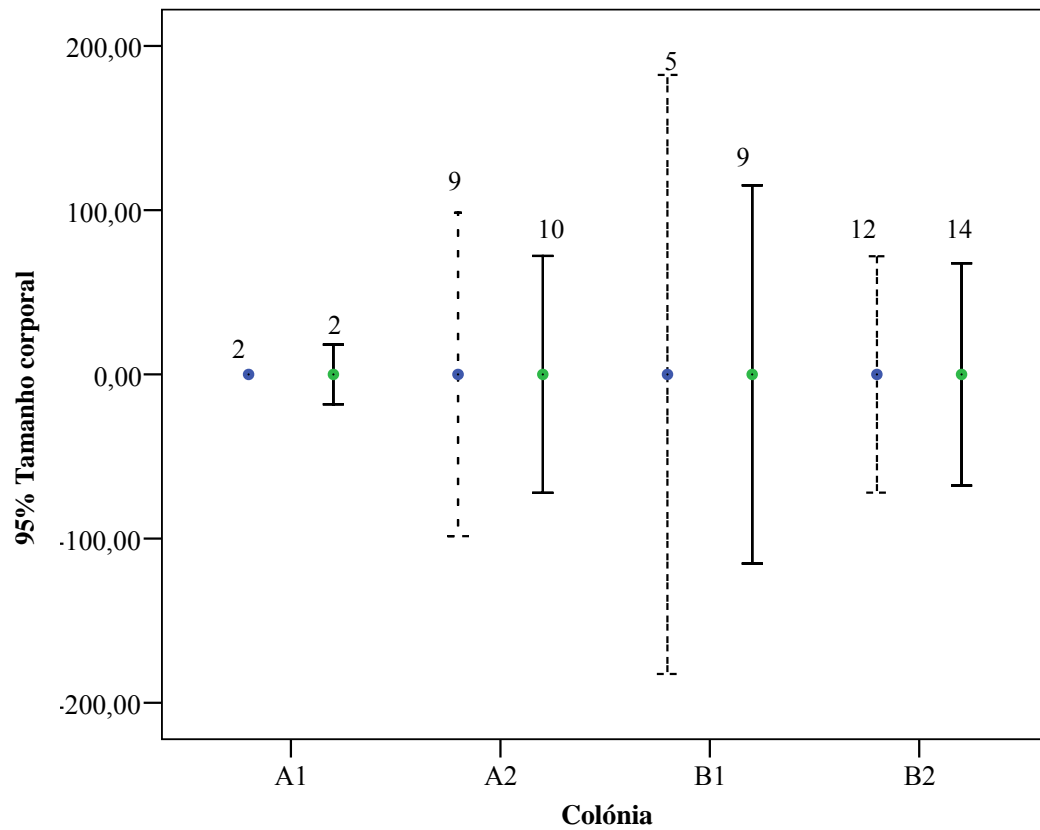


Figura 14: Comparação do tamanho corporal dos machos e fêmeas (linhas interrompidas e contínuas, respectivamente), entre as colónias monitorizadas.

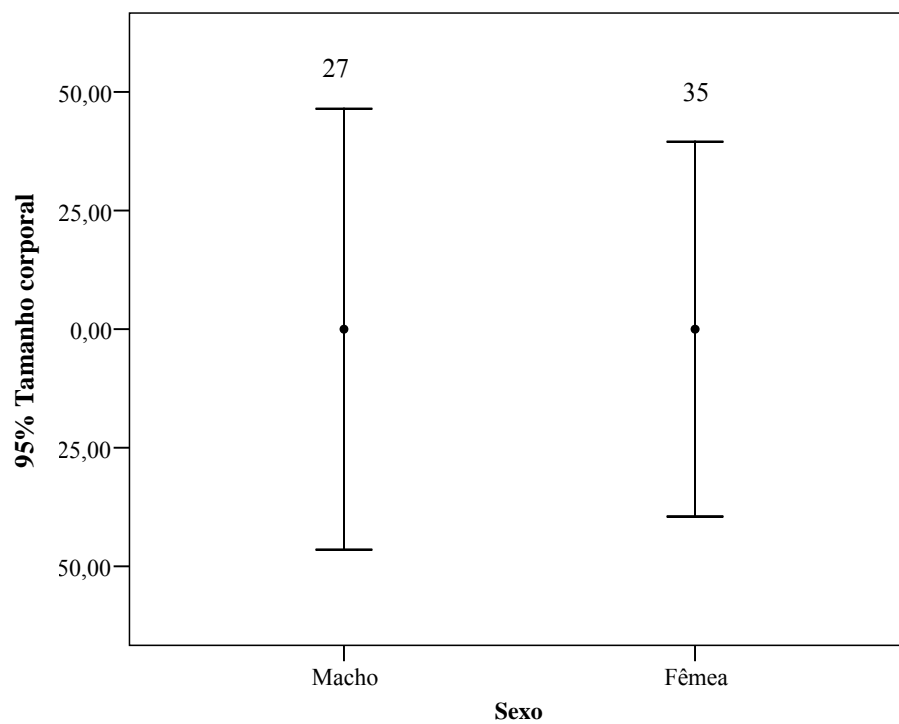


Figura 15: Comparação do tamanho corporal das crias de Cagarro, entre machos e fêmeas.

Depois de determinado o sexo dos indivíduos por análises moleculares, procedeu-se à Análise de Função Discriminante (DFA), baseada em cinco das variáveis biométricas recolhidas (excluiu-se o comprimento da asa dobrada, pois não apresenta diferenças significativas entre sexos, Tabela 13).

A covariância entre as medidas biométricas foi avaliada pela determinação do factor de inflação da variância (VIF), em que valores de $VIF > 10$ indicam covariância entre variáveis (e como tal, duas variáveis medem essencialmente a mesma característica). Como todas as variáveis apresentaram $VIF < 2,72$, assume-se que nenhuma se correlaciona entre si (Tabela 14).

Tabela 14: Covariância determinada entre as medidas biométricas das crias de Cagarro, através do factor de inflação da variância (VIF).

	Massa	Tarso	CT Bico	Alt Ext Bico	Alt Base Bico	VIF
Massa	1,000					1,526
Tarso	0,322	1,000				1,531
CT Bico	0,187	0,360	1,000			1,725
Alt Ext Bico	0,525	0,458	0,545	1,000		2,719
Alt Base Bico	0,474	0,531	0,439	0,708	1,000	2,466

Não se verificaram diferenças significativas entre o grupo de matrizes de covariância ($Box's M = 3,798$, $F_{6,21802} = 0,598$, $P = 0,732$).

A análise de função discriminante foi aplicada em 63 crias de Cagarro (35 fêmeas e 27 machos). Pela aplicação da função obtida foram incorrectamente classificados 4 dos 63 indivíduos (3 fêmeas e 1 macho) cujo sexo foi determinado molecularmente, perfazendo uma classificação total de 93,5% dos indivíduos – 32 fêmeas (91,4%) e 26 machos (96,3%) foram correctamente classificados. A função discriminante obtida foi validada (validação cruzada), pelo que cada indivíduo foi classificado utilizando a função obtida tendo em conta a amostra total, excepto o indivíduo a classificar (este procedimento repetiu-se para cada indivíduo). Foram correctamente classificados 25 machos (92,6%) e 32 fêmeas (91,4%), diminuindo a classificação total de indivíduos para 91,9% (Tabela 15, Figura 16).

Tabela 15: Classificação original dos indivíduos segundo a função discriminante obtida e validação cruzada da função obtida, entre machos e fêmeas, das 63 crias de Cagarro.

		Sexo	Grupos		Total
			Macho	Fêmea	
Original	N	Macho	26	1	27
		Fêmea	3	32	35
	%	Macho	96,3	3,7	100,0
		Fêmea	8,6	91,4	100,0
Validação Cruzada	N	Macho	25	2	27
		Fêmea	3	32	35
	%	Macho	92,6	7,4	100,0
		Fêmea	8,6	91,4	100,0

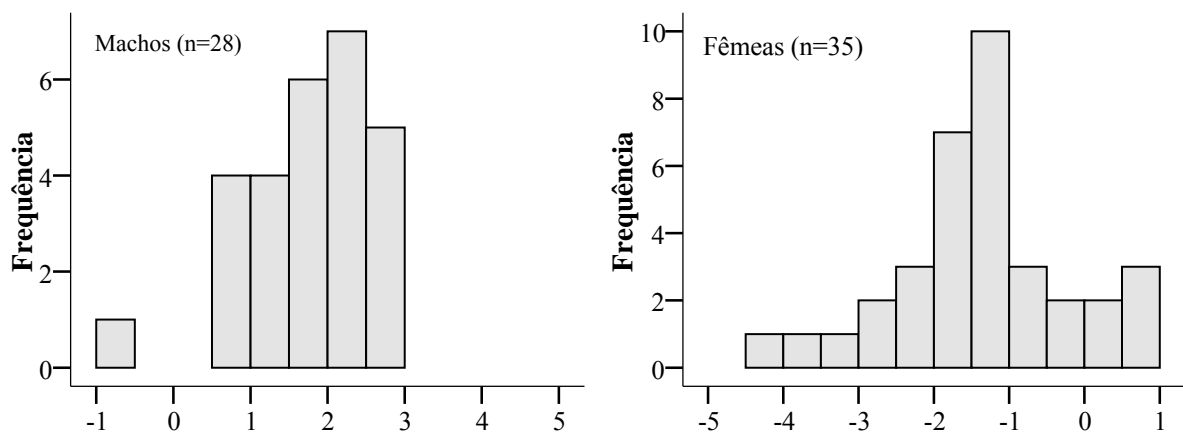


Figura 16: Histograma de frequência de classificação cruzada para validação da função discriminante linear determinada para as crias de Cagarro.

Foi obtida a função discriminante linear de Fisher para a determinação do sexo das crias com base nas variáveis biométricas, representada pela seguinte expressão:

$$DS = [(0,012 - 0,010) \cdot \text{Massa}] + [(14,045 - 13,710) \cdot \text{Tarso}] + [(13,124 - 12,452) \cdot \text{CT Bico}] + [(35,805 - 32,666) \cdot \text{Alt Ext Bico}] + [(13,592 - 11,931) \cdot \text{Alt Base Bico}] + [(-1222,706) - (-1088,205)].$$

Os valores positivos são atribuídos aos machos e negativos ou nulos às fêmeas (Lambda Wilks=0,300, $\chi^2=65,050$, $p<0,001$).

A mesma função foi aplicada aos 25 indivíduos aos quais não foi possível a determinação do sexo por PCR, sendo estimados 11 machos e 10 fêmeas. Obteve-se um

rácio sexual de 28:35 (machos:fêmeas) tendo em conta todas as crias em que foi determinado o sexo molecularmente. Adicionando as crias cujo sexo foi determinado analiticamente, o rácio sexual total é de 39:45. O rácio sexual de cada colónia e nenhum dos resultados anteriores se desviou da paridade sexual esperada (50:50) (Tabela 16).

O rácio sexual e o sucesso reprodutor evidenciaram uma correlação não significativa entre colónias (Correlação de Spearman = -0,316, $p=0,684$, $n=4$).

Tabela 16: Rácio sexual do Cagarro em cada uma das quatro colónias das Ilhas do Faial e Pico, rácio tendo em conta o sexo das crias determinado por PCR* e por função discriminante**, o valor P refere-se ao Teste Binomial para determinar o desvio à paridade sexual esperada (50:50).

	Colónia				Rácio *	Rácio Total**
	A1	A2	B1	B2		
Rácio Sexual (M:F)	2:2	9:10	5:9	12:14	28:35	39:45
P	0,125	1,000	0,424	0,845	0,450	0,586

V. DISCUSSÃO

PRESENÇA DE INDIVÍDUOS NÃO-REPRODUTORES NAS COLÓNIAS MONITORIZADAS

Entre algumas colónias de pardelas, cerca de metade dos adultos podem ser não-reprodutores, e a sua visita diminui algumas semanas depois do início da eclosão (Ramos *et al.*, 1997). Embora muitos ninhos sejam inicialmente ocupados, a postura não se realiza por serem indivíduos não-reprodutores (mas sexualmente maduros), devido à perda ou limitação do parceiro sexual e do local para reprodução, divórcio, mudança de ninho, interrupção da reprodução ou ainda porque não possuem os requisitos energéticos necessários para a reprodução (Warham, 1990; Mougin *et al.*, 2002; Martínez-Abraín, 2003). A marcação dos ninhos de Cagarros a monitorizar foi efectuada na fase de incubação pelo que foi observada, como seria de esperar, a presença de indivíduos que efectivamente não se reproduziram. A sua comparência foi estimada e as colónias do Morro de Castelo Branco e Santo António (Faial e Pico, respectivamente) apresentaram as proporções mais elevadas – assumindo que estes valores podem ser mais elevados em todas as colónias menos na Urzelina que foi a única em que todos os ninhos foram visitados nas diferentes fases de monitorização. Uma vez que as colónias foram monitorizadas ao longo do período de incubação – na ordem cronológica Faial, Pico e São Jorge – as mesmas apresentaram,

progressivamente, um menor número de indivíduos não-reprodutores, ao longo do período de amostragem.

Pouco é conhecido acerca dos mecanismos de regulação do número de indivíduos não-reprodutores. Sabe-se que para algumas espécies, como os Procellariiformes, alguns dos indivíduos que se encontram no local de reprodução cumprem anos sabáticos depois de realizarem elevados esforços em épocas reprodutivas anteriores, e outros por razões ainda desconhecidas. As fracções não-reprodutivas podem também funcionar como protectores do *stress* ambiental nas colónias e compensar os eventos estocásticos prejudiciais que podem afectar os indivíduos reprodutores (Martínez-Abraín, 2003). Depois de sobreviver à fase sub-adulta e regressar pela primeira vez à colónia natal, os sub-adultos iniciam o período de prospecção, que dura até à inserção na vida reprodutora. As espécies que recrutam mais tarde, como os albatrozes e pardelas, iniciam a fase de prospecção mais tarde e esta tende a ser mais longa do que em espécies de menor longevidade (Becker & Bradley, 2007).

ANÁLISE DO SUCESSO NAS COLÓNIAS MONITORIZADAS

A monitorização das sete colónias de Cagarro permitiu a análise do período de reprodução entre colónias, entre ilhas e finalmente entre ilha-ilhéu. As colónias da Ilha de São Jorge (Ribeira Seca, Urzelina) não foram contempladas nos vários níveis em análise para o sucesso de eclosão e reprodutor, uma vez que o início da amostragem, nestas colónias, se realizou próximo da fase de eclosão. Incluiu-se assim uma maior proporção de indivíduos reprodutores (mais experientes) pelo que os ninhos encontrados tinham uma maior probabilidade de sucesso, ou ainda porque a reprodução de alguns dos indivíduos já tinha falhado e os eventuais ovos abandonados podiam ter desaparecido dos ninhos entretanto.

Um outro aspecto a considerar é o elevado sucesso registado quer na eclosão quer na reprodução para as colónias do Capelo (Faial), Santo António e Pocinho (Pico). A justificação para tais valores pode dever-se à recolha dos dados, que apesar de aleatória pode ter incluído um maior número de indivíduos reprodutores experientes e de ninhos mais protegidos.

Nas colónias das ilhas, as grandes perdas do sucesso reprodutor foram detectadas principalmente na fase de atendimento aos juvenis. A análise entre ilhas não

apresenta discrepâncias entre si e o sucesso reprodutor das ilhas é superior ao do ilhéu. A relação ilha-ilhéu permitiu concluir que as colónias nas ilhas apresentam valores dos sucessos de eclosão e reprodutor relativamente superiores aos encontrados no ilhéu da Vila, que é maioritariamente perturbado na fase de incubação, e que em contrapartida se distingue por um maior sucesso de emancipação e superior ao sucesso de eclosão. O sucesso de emancipação é semelhante entre as colónias nas ilhas e no ilhéu. Para espécies que possuem a postura de um único ovo, como os Procellariiformes, a mortalidade dos juvenis na fase do ninho é normalmente reduzida, ocorrendo a maior taxa de insucesso na fase de incubação (Genovart *et al.*, 2005). As colónias nas ilhas analisadas neste trabalho não evidenciaram esta tendência. Análises futuras, com um maior número de ninhos incluídos e durante mais épocas reprodutivas, de maneira a obter séries anuais de dados, poderão esclarecer se este resultado é inesperado.

O sucesso reprodutor das aves marinhas é afectado por diversos factores, nomeadamente pela idade e experiência dos progenitores, fidelidade do casal, qualidade dos indivíduos e pela influência do local do ninho (Mougin, 1999). Durante a incubação, as causas de insucesso devem-se à predação, quebra accidental do ovo (pela troca de progenitores e/ou idade dos mesmos), postura de ovos não fecundados, perturbações decorrentes da presença dos investigadores ou outras influências humanas e destruição accidental de ninhos (pisoteio) (Seto & Conant, 1996; Mougin, 1998; Mougin *et al.*, 2000). Todavia, a maioria dos ovos abandonados encontrados nos ninhos monitorizados apresentava-se intacto, sem qualquer fissura ou indício de predação. Durante esta fase, os locais de alimentação distantes e períodos de incubação longos aumentam a probabilidade de as tempestades e os recursos alimentares incertos se repercutirem no regresso alternado dos progenitores. Os Procellariiformes desenvolveram uma elevada tolerância ao arrefecimento do embrião, em relação às outras ordens taxonómicas, pelo que pode ocorrer a eclosão de ovos temporariamente abandonados durante o período de incubação (Boersma & Wheelwright, 1979). Este facto não se verificou nas colónias em estudo, já que nenhum dos ovos considerados como abandonados eclodiu (nas diferentes colónias). A maioria da morte dos juvenis deve-se a factores dependentes da sincronia dos progenitores, da qual resulta a presença de pelo menos um dos adultos nas primeiras horas de vida – nove dias no caso do Cagarro (Granadeiro, 1991) – e a frequência de visitas alternadas posteriores, para alimentação (Warham, 1990).

Os Cagarros nidificam em densidades elevadas, com muitas cavidades por metro quadrado, sugerindo que o habitat disponível é escasso e os requisitos especializados (Furness *et al.*, 2000). Por outro lado, a reprodução colonial diminui a predação (Oro, 1996) e auxilia na comunicação acerca da localização das áreas de alimento, contribuindo para uma maior eficácia na procura de alimento (Coulson, 2002). Apesar de não se ter verificado uma relação significativa entre a densidade das colónias monitorizadas e o sucesso reprodutor nos Cagarros, o menor sucesso reprodutor foi encontrado na colónia que apresentou a menor densidade (Morro de Castelo Branco, Faial).

A selecção do habitat para reprodução, protegendo adultos e crias de condições ambientais adversas e predação, parece ser um factor relevante na sobrevivência das aves e na reprodução especialmente para os Procellariiformes, em que a maioria das espécies se reproduz em cavidades ou tocas (Warham, 1990; Schreiber & Burger, 2002). Os Cagarros, como outras espécies, utilizam cavidades de rochas ou árvores (Croxall, 1987; Brooke, 2004), em que é mais eficiente a protecção dos ovos e indivíduos face aos ciclos diários de temperatura (Gill, 1990).

Nas colónias monitorizadas, não se verificou uma forte relação entre o tipo de cavidades reprodutoras utilizadas pelos Cagarros e os casos de sucesso/insucesso, pelo que se confirma o facto que esta ser uma espécie oportunista, como já referido por Ramos *et al.* (1997). A sua plasticidade quanto à escolha das cavidades reprodutoras pode contribuir para a sua ampla distribuição no Arquipélago. No entanto, algumas características dos ninhos são explicativas do sucesso de emancipação e reprodutor, mas não do sucesso de eclosão. Possivelmente, o reduzido número de casos de ovos abandonados (8) em relação ao número de casos de sucesso (123) não permitiu a detecção de diferenças significativas entre as variáveis, pelo que é essencial um maior número de observações em análises futuras. A entrada mais estreita em altura, apresentada como variável explicativa do sucesso de emancipação e reprodutor no presente estudo, terá como função a protecção das crias durante a fase de atendimento, na qual podem permanecer sozinhas durante vários dias, mediante a visita alternada dos progenitores para fornecimento alimentar (Granadeiro, 1991; Monteiro *et al.*, 1996a), como de predadores. Confere ainda a protecção contras chuvas, drenagens e vento (como também as cavidades longas e curvadas) que acontecem frequentemente no Arquipélago (Ramos *et al.*, 1997); diminui ainda a penetração da luz e estabiliza a

temperatura e nível de humidade (Bourgeois & Vidal, 2007). Esta foi a única variável significativa comum à explicação dos sucessos de emancipação e reprodutor, pelo que parece ser uma característica fulcral nas características dos ninhos utilizados pelos Cagarros nas colónias analisadas. Os ninhos de pedra foram os mais abundantes, são os mais compridos (e também os mistos) mas são também os que apresentam uma entrada mais estreita., pelo que constituem cavidades favoráveis ao sucesso reprodutivo da espécie.

No presente estudo detectou-se ainda a presença de pequenas pedras/gravilha na entrada de alguns ninhos (também enunciadas por Bourgeois & Vidal (2007) e Ramos *et al.* (1997)), o que diminui o tamanho da entrada do ninho, reduzindo a área de defesa.

Ramos *et al.* (1997) detectaram o efeito do comprimento do ninho no sucesso de eclosão, na colónia do ilhéu da Vila; os ninhos do ilhéu (n=247 ninhos) são, em média, menos compridos que os das ilhas (n=147 ninhos) (ilhéu: 0,55 m, Ilha: 0,82 m). Apesar de ter sido encontrada uma relação entre os tipos de sucesso e algumas das características dos ninhos, poderá também existir uma interacção entre a qualidade dos indivíduos reprodutores e as características dos ninhos ocupados (Ramos *et al.*, 1997). Por outro lado, as condições climáticas poderão também influenciar a condição reprodutora e o desenvolvimento dos juvenis (Schreiber & Burger, 2002).

As colónias monitorizadas nas ilhas são locais acessíveis e sob influência da presença humana, nomeadamente pela presença de “pesqueiros” (caminhos de acesso às falésias para pescadores) e transeuntes. Por outro lado, mamíferos predadores como ratos e gatos, estão presentes em todas as ilhas estudadas (Furness *et al.*, 2000) e o seu número tende a aumentar com a disponibilidade de alimento (Igual *et al.*, 2005). O impacto dos ratos no sucesso reprodutor dos Cagarros foi descrito por vários autores (e.g. Thibault, 1995; Igual *et al.*, 2005). Contudo, não foram identificados eventos de predação dos ovos ou crias nas colónias monitorizadas. Dado que estas se localizam nas imediações de aglomerados populacionais, poderá não haver depleção em alimento para os ratos. Assim, não necessitam de recorrer à predação de ovos ou crias de Cagarro, como acontece por exemplo na Ilha de Congreso (Igual *et al.*, 2005) ou de Lavezzi (Thibault, 1995), ambas no Mediterrâneo, e desprovidas da presença de população humana. Existem contudo diversas colónias de Cagarro inacessíveis, como nas falésias, que representam áreas de reprodução sem qualquer distúrbio humano directo e desprovidas de predadores, e que constituem o tipo de habitat preferido, tal como pelas

restantes espécies de Procellariiformes que nidificam no Arquipélago (Furness *et al.*, 2000).

As aves marinhas coloniais nidificam em situações de aglomerado, muitas vezes em colónias mistas, e tanto os factores sociais como os físicos são importantes na selecção do local do ninho (Ramos *et al.*, 1997). No ilhéu da Vila (Santa Maria), tal como noutros ilhéus sem presença aparente de mamíferos predadores, existem colónias mistas de pequenos Procellariiformes (Alma-negra *Bulweria bulwerii*, Frulho *Puffinus assimilis baroli* e Paínho da Madeira *Oceanodroma castro*), o que promove a existência de competição inter e intra-específica por espaço, nomeadamente por ninhos. Apesar de os ciclos de reprodução não se sobreporem na totalidade existem períodos de simultaneidade, principalmente durante o período de incubação (Monteiro *et al.*, 1996a). Supõe-se assim que o elevado requisito energético dos indivíduos na fase de prospecção e incubação (Gill, 1990) concomitante com a competição entre espécies (durante os combates os ovos podem ser partidos ou deitados fora dos ninhos; Monteiro *et al.* 1996a, Ramos *et al.* 1997) origina, comparativamente ao registado para as colónias das ilhas, uma elevada proporção de falhas durante a incubação, como se verificou em 2006 – e também em 1994, com 72/94 (Monteiro *et al.*, 1996b) e em 1995, com 160/311 (Ramos *et al.*, 1997). Ramos *et al.* (1997) demonstraram, indirectamente, que as cavidades disponíveis podem ser insuficientes para o número de Cagarros a nidificar no ilhéu da Vila, e consideram que a interferência da competição por cavidades para ninho, que pode diminuir o sucesso de eclosão, constitui um importante factor em colónias mistas. O sucesso reprodutor nas aves marinhas não depende só da disponibilidade de alimento e sincronização entre os progenitores, mas também do facto de os mesmos possuírem um território próprio para reprodução, no qual possa ocorrer a obtenção de par sexual e a incubação da postura (Bried & Jouventin, 2002).

A competição intra-específica parece assim prevalecer e ser determinante no reduzido sucesso reprodutor do Cagarro na colónia do ilhéu da Vila, comparativamente aos valores obtidos para as ilhas. Devido ao seu tamanho e abundância superiores, o Cagarro considera-se como espécie dominante nestas colónias mistas, sendo o sucesso reprodutivo dos pequenos Procellariiformes mais afectado por esta competição. Existe uma grande proporção de ninhos partilhados entre espécies, não obstante encontram-se pequenos Procellariiformes mortos à entrada de ninhos de Cagarro, verificam-se lutas para defesa dos ninhos, elevada afluência aos mesmos durante o dia (em Março e Abril)

e usurpação e ampliação de ninhos, previamente utilizados pelos pequenos Procellariiformes, por parte dos Cagarros. São estas evidências que suportam a existência de uma forte competição inter e intra-específica por espaço, em detrimento dos pequenos Procellariiformes, resultando na reduzida disponibilidade de cavidades que pode afectar a comunidade reprodutora no ilhéu da Vila (Monteiro *et al.*, 1996a; Ramos *et al.*, 1997). O Cagarro é a única espécie de Procellariiformes presente em todas as ilhas do Arquipélago e em 89% dos ilhéus estudados (17/19) por Léon *et al.* (2005), o que demonstra a sua ampla distribuição. As restantes espécies de Procellariiformes estão confinadas a alguns ilhéus e a locais inacessíveis das ilhas principais (Monteiro *et al.*, 1996a; Léon *et al.*, 2005), o que providencia um factor-chave para a sua existência mas não para as populações de Cagarro (Furness *et al.*, 2000). Monteiro *et al.* (1996a) consideravam já reduzida a presença de Cagarros nos pequenos ilhéus.

A competição por alimento não foi sugerida como fundamento para a ocorrência de um sucesso reprodutor mais fraco no ilhéu da Vila do que nas ilhas, uma vez que as pardelas se deslocam para alimentação por vastas áreas do oceano e possuem um modo relativamente pouco dispendioso de voo (Pennycuik, 1987). Sendo assim, não são forçadas a nidificar em zonas perto dos locais de alimentação, podendo seleccionar um local de reprodução em prol da sua qualidade intrínseca e que permita a reprodução com sucesso e em segurança (Furness *et al.*, 2000).

Zino *et al.* (1971) demonstraram que as Gaivotas-de-patas-amarelas *Larus michahellis* são predadores activos do Cagarro, mas as observações de Mougín *et al.* (2001) refutam este acontecimento, defendendo que as gaivotas nunca predam Cagarros adultos e, se se alimentam de ovos ou crias, os ovos tinham já sido abandonados e as crias mortas. Para além disso, se a predação pode explicar o sincronismo e a densidade de ninhos na colónia ou à escala populacional parece impossível ter em conta, satisfatoriamente, um sincronismo ainda maior entre ninhos bastante próximos (vizinhos) (Mougín *et al.*, 2001). A simultaneidade das posturas e consequentemente da eclosão é uma característica da espécie (Cramp & Simmons, 1977). No caso da colónia da Ribeira Seca (São Jorge), a invasão de uma colónia de *L. michahellis* depois da fase de eclosão e, paralelamente, um elevado número de crias mortas (6) comparativamente às restantes colónias, pode indiciar a ocorrência de algum tipo de distúrbio. Os estudos para determinação do possível impacto negativo das gaivotas no sucesso reprodutor têm

vindo a aumentar, devido ao crescimento célere das suas populações (Finney *et al.*, 2001).

DIMORFISMO E RÁCIO SEXUAL NAS CRIAS

Os Procellariiformes são uma ordem diversificada de aves marinhas pelágicas que exibem uma grande amplitude na massa do corpo e algum grau de dimorfismo sexual, especialmente os albatrozes e pardelas (Warham, 1990; Fairbairn & Shine 1993). Como a maioria dos Procellariiformes, o Cagarro não evidencia dimorfismo sexual nas características da plumagem (Granadeiro, 1993) mas em tamanho, sendo os machos 10% maiores que as fêmeas (Thibault *et al.*, 1997).

Com cerca de 60 dias de vida, as crias de Cagarro estudadas demonstraram dimorfismo sexual em tamanho, e das seis variáveis analisadas, cinco evidenciaram diferenças significativas entre sexos. O comprimento da asa dobrada foi a única variável que não apresentou diferenciação significativa entre sexos. O dimorfismo sexual em tamanho, independente da forma, pode ter consequências na utilização dos microhabitats. A utilização diferencial das fêmeas e machos está relacionada com o dimorfismo existente nas estruturas associadas à alimentação e locomoção, o que sugere um certo grau de especialização entre sexos (Catry *et al.*, 2005).

A massa corporal e comprimento da asa dobrada poderão ser as variáveis que apresentam mais oscilações durante a fase de atendimento. A primeira apresenta um desenvolvimento tipicamente assintótico (diminuindo ligeiramente após a obtenção de um valor máximo) e depende do fornecimento alimentar pontual pelos progenitores. O armazenamento de lípidos por parte das crias permite que estas sobrevivam aos longos intervalos ocasionais entre as visitas dos progenitores (Ricklefs *et al.*, 1980), daí possuírem valores médios de massa corporal superiores aos dos adultos (Anexo 5). A variação invulgar na massa corporal dos juvenis é atribuída a vários processos, como o reflexo da alteração da habilidade dos adultos para a alimentação, resultante de mudanças nos parâmetros oceanográficos ou na distribuição da fonte de alimento; acumulação de lípidos numa fase em que os requisitos energéticos são comparativamente reduzidos e podem ser utilizados para subsidiar os custos mais elevados em fases posteriores do desenvolvimento; o fornecimento em excesso das presas por serem ricas energeticamente mas pobres em nutrientes; a acumulação de reservas para salvaguardar a sobrevivência no período vulnerável posterior à

emancipação (Ricklefs *et al.*, 1980; Reid *et al.*, 2000; Schreiber, 2002). Por outro lado, as penas das asas são dos últimos órgãos para os quais o crescimento é dirigido, começando as penas primárias a emergir apenas aos 61 dias e as secundárias aos 39 dias de vida (Granadeiro, 1991). Reid *et al.* (2000) relacionam as duas variáveis atrás mencionadas num estudo com o Albatroz-de-cabeça-cinzenta *Thalassarche chrysostoma*, e defendem que a variação na massa corporal pode ainda constituir uma adaptação para assegurar os elevados requisitos e/ou *stress* nutricional, que podem afectar a qualidade das penas utilizadas posteriormente no voo.

Bretagnolle & Thibault (1995) consideram que o grau de dimorfismo em tamanho nos indivíduos em fase de emancipação é similar ao encontrado nos adultos. Aos 60 dias de vida, a descendência apresenta também valores inferiores aos exibidos pelos indivíduos adultos. Nas crias, a massa corporal é a variável mais expressiva com 10,90% de variação média entre sexos (tal como nos adultos, com 13,46%), seguindo-se as variáveis biométricas do bico com distinção entre 5,09 – 8,28%. Tal como nos adultos, o comprimento da asa dobrada é a variável que menos se diferencia morfometricamente entre sexos, com 0,74% nas crias (e 2,78% nos adultos, Anexo 5).

As diferenças biométricas entre as colónias, tal como aconteceu com o comprimento total do bico, podem ser suportadas devido ao comportamento filopátrico destas aves, pela forte fidelidade e tenacidade em relação ao local do ninho (Mougin *et al.*, 2002). No entanto, também a diferente proporção do número de machos e fêmeas analisados e o facto de as crias terem sido estudadas em intervalos de tempo distintos, apesar de não muito díspares, podem contribuir para estas diferenças.

O tamanho corporal das crias não diferiu entre sexos ou colónias. Possivelmente porque no modelo final escolhido foi incluída a variável “comprimento da asa dobrada”, que se assume como não significativa na diferenciação entre sexos.

Apesar de existirem diferenças biométricas consistentes entre machos e fêmeas, está provada a impossibilidade de se determinar o sexo dos indivíduos correctamente com base numa única variável morfométrica (Granadeiro, 1993). Pelo presente estudo foi possível a obtenção de uma função discriminante que possibilita a determinação analítica do sexo das crias com base em cinco variáveis biométricas, permitindo a classificação correcta de 91,9% dos indivíduos. Desta maneira será possível a determinação do sexo dos indivíduos apenas com base na medição das variáveis biométricas. No entanto, há que ter em conta que estas funções são específicas de cada

espécie e devem ser somente utilizadas para a população estudada, ou seja, aquela a que corresponde a função (Evans & Cavanagh, 1995).

O índice do tamanho corporal dos juvenis, obtido pela recolha de variáveis biométricas com base numa única visita à colónia, constitui uma ferramenta essencial para a monitorização do crescimento dos juvenis (Benson *et al.*, 2003). Sugere-se a continuação da aplicação da metodologia utilizada neste estudo em anos seguintes, de modo a obter séries anuais de dados, que podem reflectir condições ambientais locais durante a época de reprodução. Desta maneira ultrapassam-se os condicionamentos logísticos que muitas vezes afectam a recolha de dados e diminui-se o distúrbio provocado pela presença de investigadores nas colónias, como já detectado para o Paínho-de-cauda-forcada *Oceanodroma leucorhoa* (Blackmer *et al.*, 2004).

As diferenças morfológicas, entre adultos de ambos os sexos e entre adultos e juvenis, têm um papel funcional no desempenho do voo (Shaffer *et al.*, 2001). Para além disso, providenciam a utilização diferencial de nichos para alimentação diminuindo a competição inter-sexual, graças à evolução de diferentes fenótipos, como a forma e/ou tamanho do bico e o tamanho do corpo (Selander, 1966; Weimerskirch *et al.*, 2000; Gonzalez-Sólis & Croxall, 2005). Como tal, se a segregação sexual nos recursos alimentares é favorecida pela diferença de tamanho entre sexos, a selecção sexual pode actuar para aumentar o dimorfismo sexual no tamanho para além do esperado, tendo em conta as diferenças já existentes no tamanho do corpo, entre sexos (Selander, 1966). No entanto, estudos recentes demonstram que espécies sexualmente monomórficas também possuem diferentes estratégias de alimentação (Lewis *et al.*, 2002). Por outro lado, um tamanho de corpo maior pode ser vantajoso na disputa do par sexual, aumentando assim o sucesso de acasalamento dos machos maiores (González-Solís & Croxall, 2005). A taxa de crescimento dos juvenis e a massa corporal na fase de emancipação estão, por vezes, directamente correlacionadas com a sobrevivência até à idade de reprodução, sendo possivelmente considerada como a medida mais importante no *fitness* de uma espécie (Schreiber, 2002). O peso dos juvenis à data de emancipação influencia o sucesso dos mesmos nas primeiras semanas de vida em alto-mar, tendo os juvenis com maior peso (ou condição corporal) maior probabilidade de sobrevivência (Mougin *et al.*, 2000). Por outro lado, Berrow *et al.* (1999) sugerem que, para o Albatroz-viajeiro, as crias macho mais pesadas iniciam o crescimento das penas primárias mais cedo e emancipam-se mais cedo.

No presente estudo, a análise das crias de Cagarro nas quatro colónias monitorizadas nas ilhas demonstrou que o rácio sexual secundário não se diferenciou significativamente da paridade esperada mas distinguiu-se entre colónias, sendo a maioria dos valores ligeiramente enviesados em favor das fêmeas. A ausência de rácio sexual enviesado na descendência é usual em Procellariiformes (Weimerskirch *et al.*, 2000). **Nas aves**, o rácio sexual é normalmente homogéneo, mas em espécies dimórficas existe um custo diferenciado no atendimento aos dois sexos – devido a um mais elevado investimento parental para o aumento da descendência do sexo maior ou à sua mais elevada mortalidade no ninho – que pode levar a um enviesamento (Stamps, 1990). Em aves marinhas esta discrepância na emancipação em relação à paridade é normalmente em favor das fêmeas (Clutton-Brock, 1986) e Griffiths (1992) defende que tal se deve ao facto de as crias macho serem maiores que as fêmeas e sofrerem um índice superior de mortalidade durante o crescimento (Bretagnolle & Thibault, 1995). Os resultados de Bretagnolle & Thibault (1995) para a mesma espécie contrariaram esta tendência (sendo o rácio sexual enviesado em favor dos machos), no entanto Genovart *et al.* (2005) contrapõem este estudo pois a análise foi apoiada no somatório de vários anos e de várias colónias e na determinação do sexo de algumas crias com base numa função discriminante. Não obstante, também o estudo de Quilfeldt *et al.* (2007) nas Berlengas detectou um ligeiro maior número de machos no rácio das crias.

As crias de Cagarro diferenciam-se cedo no desenvolvimento da massa corporal. Os machos são mais pesados, mais dispendiosos energeticamente durante o atendimento, o que é associado a maiores taxas de fornecimento alimentar pelos adultos, tal como acontece no Albatroz-viajeiro (Quilfeldt *et al.*, 2007). Por outro lado, sofrem um maior índice de mortalidade por serem mais vulneráveis aos recursos alimentares inconstantes (Quilfeldt *et al.*, 2007) ou a condições de atendimento desfavoráveis (Clutton-Brock, 1991). As fêmeas são o sexo menos dispendioso e seguro de atender por muitas das espécies (Quilfeldt *et al.*, 2007).

Nos Procellariiformes, as taxas de mortalidade durante a fase do ninho são normalmente reduzidas, aumentando quando os juvenis se emancipam, sozinhos, pois iniciam a fase de migração para quadrantes invernosos (Genovart *et al.*, 2005). Foi já provado que a condição corporal durante a sua emancipação pode afectar, mais tarde, a sobrevivência (Mougin *et al.*, 2000), pelo que a mortalidade diferencial ou o *fitness* podem ser avaliados entre sexos, por condições de emancipação diferenciadas (Shaffer

et al., 2001). As diferenças na mortalidade ou condição de emancipação entre machos e fêmeas descendentes implicam custos diferenciados entre sexos (Genovart *et al.*, 2005). Para a mesma condição corporal os machos apresentam, significativamente, uma maior taxa e número de chamamentos para fornecimento alimentar (Quilfeldt *et al.*, 2007). Para além disso, as crias expressam informações acerca da sua condição corporal pelo chamamento e os progenitores são receptivos ao nível de solicitação (Quilfeldt & Masello, 2004). Esta assimetria vai favorecer a selecção facultativa da manipulação do rácio sexual da descendência, uma vez que a igualdade na sobrevivência e condição na emancipação, entre sexos, não justifica a evolução de manipulação parental do rácio sexual (Genovart *et al.*, 2005).

A ausência de relação entre o rácio sexual da descendência e as variações nos parâmetros de reprodução – como aconteceu no presente estudo, em que o rácio da descendência não se relacionou com o sucesso reprodutor das colónias – suporta o modelo de custos equivalentes entre sexos ou o modelo de segregação ao acaso dos cromossomas sexuais na meiose, como também defendido por Fisher (1930) (Genovart *et al.*, 2005). Apesar de acontecer noutras espécies, a manipulação do rácio sexual da descendência pelos progenitores apresenta restrições nos Procellariiformes, possivelmente ligadas às adaptações desenvolvidas por este grupo face à dependência de um ambiente imprevisível, como a postura de um único ovo e um período prolongado de atendimento às crias (Genovart *et al.*, 2005). Nas aves marinhas, a competição inter-sexual pode aumentar se o rácio sexual for enviesado e se as limitações temporárias para a reprodução forem fortes, resultando por vezes em anos sabáticos na reprodução para os indivíduos do sexo mais representado (Jouventin *et al.*, 1999, 2007).

AMEAÇAS IDENTIFICADAS

A identificação e quantificação das ameaças antropogénicas directas e indirectas nas aves marinhas são de grande importância, nomeadamente nos Cagarros. Apesar de não constituir um dos objectivos deste estudo, verificaram-se diversos episódios ao longo de todo o período de amostragem, que podem pôr em causa a conservação da espécie.

Nas colónias do Morro de Castelo Branco e Capelo (Faial), constituídas essencialmente por ninhos de terra, a presença dos amostradores provocou o abatimento

de três ninhos. Foram tomadas as devidas precauções de modo a retirar a cria, reconstruir e limpar o ninho na medida do possível e recolocar a cria de maneira a assegurar a sua sobrevivência. Blackmer *et al.* (2004) consideram a influência da existência de distúrbio pelos investigadores no sucesso reprodutor no Paínho-de-cauda-forçada, devido ao manuseamento diário e semanal durante a incubação.

Em todas as colónias se verificou a ocorrência de plantas invasoras (como Cana *Arundo donax*, Espinafre *Spinacea oleracea*, Incenso *Pittosporum undulatum*) cuja presença, para além de contribuir para a diminuição da ocorrência das plantas endémicas, promove o abatimento do solo principalmente nos ninhos de terra (Morro de Castelo Branco, Capelo e Santo António – Pico). Por outro lado, alguns ninhos das colónias do Faial encontravam-se tapados/camuflados por vegetação (Chorão *Carpobrotus edulis* e Feto *Pteridium aquilinum*) e o seu crescimento desenfreado pode diminuir a disponibilidade de cavidades para reprodução.

Na colónia do Morro de Castelo Branco, constituída essencialmente por mato de urze endémica (*Erica azorica*), foram encontrados vários indivíduos adultos mortos numa mesma área, provavelmente devido à predação por gatos que, por serem altamente territoriais, capturam os indivíduos e levam-nos para o mesmo local (J. Bried *com. pess.*). Nas colónias do Pocinho (Pico) e Ribeira Seca (São Jorge) foram observados ratos (*Rattus* sp.) nas imediações dos ninhos, apesar de não se registarem indícios de predação. Na colónia do Capelo, o acompanhamento de um Vigilante da Natureza permitiu a identificação da presença de um Furão *Mustela putorius furo* num ninho, reconhecido pelo odor.

Nas colónias do Morro de Castelo Branco e Santo António verificou-se a existência de veneno para ratos, campanhas de desratização promovidas pelas Juntas de Freguesia de cada ilha. Nos últimos anos ocorreram campanhas de erradicação de coelhos e re-introdução de plantas indígenas, promovidas pela Secretaria Regional do Ambiente e do Mar (Governo Regional dos Açores) no Ilhéu da Praia (Graciosa) e remoção de cabras no Ilhéu da Vila (Santa Maria). Com o extermínio de mamíferos invasores e espécies vegetais não-indígenas, pretendeu-se a aproximação do ecossistema ao outrora existente, promovendo assim a recuperação do habitat do ilhéu e fomentar as condições ideais para a manutenção ou até aumento da ocorrência de espécies de aves marinhas nidificantes. Apesar de ser visível a presença de espécies alienígenas de mamíferos predadores, Furness *et al.* (2000) consideram que parece não

ocorrer o forte impacto negativo de mamíferos introduzidos (como acontece nas colónias do Mediterrâneo), sendo até capazes de coexistir com os mesmos. No entanto, este impacto está amplamente descrito para esta e outras espécies (e.g. Seto & Conant, 1996; Jouventin *et al.*, 2003). Jouventin *et al.* (2003) concluíram que o sucesso reprodutor da Pardela-de-queixo-branco *Procellaria aequinoctialis* é superior nas colónias em que houve um envenenamento intensivo de ratazanas-pretas. Estes autores consideram ainda que apenas campanhas de erradicação de longo-prazo possuem efeitos eficazes.

Relativamente aos distúrbios humanos directos, verificam-se impactos graças à presença humana e outros que constituem actos de vandalismo. Todas as colónias possuíam trilhos e algumas “pesqueiros” (caminhos para pescadores), o que se traduz na passagem frequente de transeuntes pelo cerne ou limites das colónias, de dia e de noite. Na colónia do Capelo (Faial) verificou-se ainda a existência de trilhos para motociclos. Na colónia do Morro de Castelo Branco (Faial) foram encontrados vários indivíduos numa estrada de terra, mortos provavelmente por atropelamento (de noite, ficam encadeados com as luzes dos carros). Este local (nas imediações do Morro de Castelo Branco, Faial) e a colónia B1 (Santo António, Pico) apresentavam ainda o abandono de uma grande quantidade de resíduos domésticos (máquinas de lavar, frigoríficos, plásticos, vidros, motores, entre outros). Outro tipo de ameaças inclui a pressão turística em algumas zonas de nidificação e a degradação das condições do terreno devido à erosão (Cabral *et al.* 2005). Na colónia do Morro de Castelo Branco foram descobertos, nas imediações de ninhos, juvenis queimados e com paus espetados. Na colónia do Pocinho (Pico) foi encontrado um indivíduo adulto preso pelos membros inferiores, sem o peito, que deverá ter sido retirado para isco – ameaça também descrita por Cabral *et al.* (2005). A colónia do Morro de Castelo Branco (Faial) apresentou a incidência de várias distúrbios e é a única, das colónias monitorizadas, incluída num SIC¹. Sugere-se a identificação das zonas de nidificação do Cagarro (localizadas perto ou em áreas de utilização humana) com placas de sinalização, para alertar e informar os transeuntes de modo a serem minimizados os distúrbios causados pela sua presença.

¹ Os Sítios de Interesse Comunitário (SIC), que se salientam pela elevada riqueza em termos de diversidade biológica, foram criados por decisão da Comissão da União Europeia de 28 de Dezembro de 2001, que adopta a lista dos SIC para a região biogeográfica da Macaronésia, nos termos da Directiva Habitats 92/43/CEE, de 21 de Maio. Para o Arquipélago dos Açores foram aprovados 23 SIC numa área total de 33 639ha.

No passado, era prática comum no Arquipélago a apanha de Cagarros para consumo alimentar, mas esta actividade foi proibida pela Secretaria Regional do Ambiente e do Mar (SRAM) do Governo Regional dos Açores, aquando da transposição das Directivas para a lei regional em 1999 (apesar de persistir na Ilha de Santa Maria). Através de um testemunho oral recolhido na Ilha do Pico, teve-se também conhecimento da captura de indivíduos para retirar as penas e com elas confeccionar asas de anjo para a época natalícia, de modo a assemelharem-se a verdadeiras asas.

A SRAM promove diversas campanhas de sensibilização da população. A campanha “SOS Cagarro” – organizada desde 1996 pela SRAM e com a colaboração do Departamento de Oceanografia de Pescas – acciona anualmente o acompanhamento de várias equipas incumbidas do encaminhamento dos juvenis que quando abandonam os ninhos caem em terra (nas estradas e suas proximidades), e por ficarem encadeados pelas luzes dos carros e habitações, ficam incapacitados de continuar a sua viagem e à mercê de predadores (sobretudo cães e gatos). Estas e outras actividades têm permitido a sensibilização de grande parte da população, que reconhece a importância da região para a espécie.

Dada a sua importância ecológica como predador de topo e o facto do Arquipélago incluir 65% da população mundial, é imperiosa a continuidade da execução de medidas educativas, como a realização de campanhas de sensibilização da população em geral e nas escolas, elaboração e distribuição de folhetos informativos, entre outras. Estas acções visam a diminuição da ocorrência das ameaças identificadas, que pelo seu reconhecimento podem ser diminuídas e até evitadas pela população, pois põem em risco a conservação da espécie e, implicitamente, o equilíbrio do ecossistema. O desenvolvimento de políticas de desenvolvimento sustentável dos recursos marinhos deve incluir a conservação das aves marinhas, não só pelo seu direito único, mas pelo seu papel essencial no funcionamento do ecossistema marinho (Martínez-Abraín, 2003).

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sucesso reprodutor nas ilhas estudadas, em que se verifica a presença de mamíferos predadores e outras ameaças de origem antropogénica, é particularmente superior (86,5%) ao encontrado na colónia do ilhéu da Vila (63,8%), desprovida da incidência directa das mesmas ameaças e com outras espécies de Procellariiformes presentes. Nos Açores parece não existir o forte impacto dos mamíferos predadores no

sucesso reprodutor do Cagarro, como acontece nas colónias do Mediterrâneo (Furness *et al.*, 2000). Será contudo necessário relacionar a abundância dos mamíferos alienígenas e o sucesso reprodutor do Cagarro nas colónias das ilhas (pela quantificação, através de métodos de captura-recaptura) para estimar o real impacto destes predadores. O estudo da existência de relações tróficas pode também consistir na análise de isótopos estáveis dos tecidos dos predadores, de maneira a determinar a composição da sua dieta (Hobson *et al.*, 1999; Drever *et al.*, 2000). Sugere-se ainda a monitorização das colónias identificadas para possibilitar o estudo inter-anual da produtividade da espécie e relacionar as oscilações anuais dos recursos alimentares, pois os impactos na população reprodutora podem levar anos ou décadas a revelar-se, no caso de espécies de vida-longa (Livingston, 2001). Desta maneira conhecer-se-á a dinâmica populacional do Cagarro nos Açores, o que permitirá a aplicação de medidas de gestão concretas. Segundo Cabral *et al.* (2005), o Arquipélago dos Açores salienta-se pela ausência de programas de monitorização, o que condiciona a implementação de estratégias de conservação e aferição da sua eficácia. Sugere-se ainda a quantificação das ameaças antropogénicas existentes nas colónias estudadas, relacionando o seu impacto com o sucesso reprodutor das mesmas.

A influência das características físicas do ninho no sucesso reprodutor foi apenas conferida pelo comprimento do ninho e presença de curva para o sucesso de eclosão (Ramos *et al.*, 1997) e pela altura da entrada do ninho para os sucessos de emancipação e reprodutor (presente estudo). No entanto, estes resultados não excluem a necessidade de incluir outros parâmetros em estudos futuros, parâmetros esses que podem influenciar a produtividade da espécie.

O dimorfismo sexual nas crias de Cagarro surge na fase do ninho, durante o atendimento pelos progenitores (Quilfeldt *et al.* 2007, este estudo). De futuro, a análise inter-anual da condição corporal das crias bem como a sua relação com a condição dos progenitores pode constituir uma indicação do estado dos recursos ambientais nos Açores. Em condições desfavoráveis, os progenitores orientam todos os seus esforços para atenderem as crias de modo a estas possuírem uma boa condição corporal à emancipação (Genovart *et al.*, 2005). Weimerskirch *et al.* (2000) demonstraram para o Albatroz-viajeiro que os factores que afectam a sobrevivência depois da emancipação diferem com o sexo. A probabilidade de sobrevivência até à fase adulta foi relacionada com o tamanho estrutural para os machos, e com a condição corporal para as fêmeas.

Será interessante o estudo do regresso das crias analisadas neste estudo às respectivas colónias natal, de maneira a relacionar a sua sobrevivência face à condição corporal antes da emancipação. Apesar de Genovart *et al.* (2005) considerarem que não existe uma relação entre a condição parental e o rácio sexual do Cagarro, os autores consideram que o estudo pode não ser conclusivo, sendo por isso necessária a inclusão de séries de anos e de várias colónias. A disparidade entre valores do rácio sexual da descendência, entre estudos, obriga a análises mais aprofundadas, de maneira a relacionar também o estado e disponibilidade dos recursos alimentares durante a época reprodutiva e a condição corporal quer das crias quer dos progenitores.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ashmole, N.P.** 1971. Seabirds and the Marine environment. In Farner, D.S., King, J.R. & Parkes, K.C. (eds.) *Avian Biology*: 223-286, Vol. 1, Academic Press.
- Becker, P. H., Bradley, J. S.** 2007. The role of intrinsic factors for the recruitment process in long-lived birds. *Journal of Ornithology* DOI 10.1007/s10336-007-0157-x (disponível *on-line*)
- Benson, J., Suryan, R. M., Piatt, J. F.** 2003. Assessing chick growth from a single visit to a seabird colony. *Marine Ornithology* **31**: 181-184
- Berrow, S. D., Huin, N., Humpidge, R., Murray, A. W. A., Prince, P.A.** 1999. Wing and primary growth of the Wandering Albatross. *The Condor* **101**: 360-368.
- BirdLife International** 2004. Birds in Europe: population estimates, trends and conservation status. BirdLife International, Cambridge.
- BirdLife International** 2007. BirdLife's online World Bird Database: the site for bird conservation. Version 2.1, Cambridge, UK: BirdLife International. Available: <http://www.birdlife.org> (accessed 9/9/2007)
- Birkhead, T. R.** 1977. The effect of habitat and density on breeding success in the common guillemot (*Uria aalge*). *The Journal of Animal Ecology* **46**: 751-764.
- Blackmer, A. L., Ackerman, J. T., Nevitt, G. A.** 2004. Effects of investigator disturbance on hatching success and nest-site fidelity in a long-lived seabird, Leach's storm-petrel. *Biological Conservation* **116**: 141-148.
- Blanchard, P., Hanuise, N., Dano, S., Weimerskich, H.** 2007. Offspring sex ratio in relation to parental structural size and body condition in the long-lived wandering

- albatross (*Diomedea exulans*). *Behavioural Ecology and Sociobiology* **61**: 767-773.
- Bolton M., Medeiros R., Hothersall, B., Campos A.** 2004. The use of artificial breeding chambers as a conservation measure for cavity-nesting procellariiform seabirds: a case study of the Madeiran storm petrel (*Oceanodroma castro*). *Biological Conservation* **116**: 73–80.
- Bolton, M.** unpub. 2001. Relatório Final do Censo de Cagarro *Calonectris diomedea* no Arquipélago dos Açores, Departamento de Oceanografia e Pescas, Universidade dos Açores, Faial.
- Boersma, P. D., Wheelwright, N. T.** 1979. Egg neglected in the Procellariiformes: reproductive adaptations in the Fork-tailed Storm-petrel. *The Condor* **81**: 157-165.
- Bourgeois K., Vidal, É.** 2007. Yelkouan shearwater nest-cavity selection and breeding success. *C. R. Biologies* doi:10.1016/j.crv.2006.12.007.
- Bradley, J.S., Meathrel, C.E.** 2006 Prediction of individual reproductive success in short-tailed shearwaters, *Puffinus tenuirostris*. *Acta Zool Sinica* 52 (suppl):91–95.
- Bretagnolle, V., Thibault, J-C.** 1995. Method for sexing fledglings in Cory's shearwaters and comments on sex-ratio variation. *The Auk* 112 (3): 785-790.
- Bried, J. & Jouventin, P.** 2002. Site and mate choice in seabirds: an evolutionary approach. In Schreiber, E.A. & Burger, J. (eds) *Biology of Marine Birds*: 263–305. CRC Press, EUA.
- Brooke, M. L.** 2004. *Albatrosses and Petrels across the World*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Cabral, M.J., Almeida, J., Almeida, P.R., Dellinger, T., Ferrand de Almeida, N., Oliveira, M.E., Palmeirim, J.M., Queiroz, A.L., Rogado, L., Santos-Reis, M.** 2005. *Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal – Peixes dulciaquícolas e migradores, Anfíbios, Répteis, Aves e Mamíferos*. Instituto da Conservação da Natureza, Lisboa
- Campbell, N. A., Reece, J. B.** (Eds.) 2002. *Biology*, 6th Edition, International Edition, Addison-Wesley, World Student Series, 1247 pp.
- Camphuysen, K. C. J., Van der Meer, J.** 2001. Pelagic distribution, moult and (sub-) specific status of Cory's shearwaters *Calonectris [d.] diomedea/borealis* wintering off Southern Africa. *Marine Ornithology* **29**: 89-96.

- Camphuysen, C.J.** (Ed.) 2000. Understanding marine foodweb processes: an ecosystem approach to sustainable sandeel fisheries in the North Sea, *IMPRESS* Final Report, Project # Q5RS-2000-30864. Disponível *on-line* em www.nioz.nl/public/nioz_reports/nioz-report_2005-5.pdf
- Catry, P., Phillips, R. A., Croxall, J. P.** 2005. Sexual segregation in birds: patterns, processes and implications for conservation. In Ruckstuhl, K. E. & Neuhaus, P. (eds.) *Sexual Segregation in Vertebrates: Ecology of the two sexes* 351-378. Cambridge University Press.
- Clua É., Grosvalet F.** 2001. Mixed-species feeding aggregation of dolphins, large tunas and seabirds in the Azores. *Aquatic Living Resources* **14**: 11–18.
- Clutton-Brock, T. H.** 1986. Sex variation in birds. *Ibis* **128**: 317-329.
- Clutton-Brock, T. H.** 1991 Parental care in birds and mammals. In Krebs, J. & Clutton-Brock, T. H. (eds.) *The evolution of parental care*: 131–152. Princeton University Press.
- Copello, S., Quintana, F., Somoza, G.** 2006. Sex determination and sexual size-dimorphism in Southern Giant-Petrels (*Macronectes giganteus*) from Patagonia, Argentina. *Emu* **106**: 141 – 146.
- Costa, L.T., Nunes, M., Geraldés P., Costa, H.** 2003. *Zonas importantes para as Aves em Portugal*. Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, Lisboa.
- Coulson, J. C.** 2002. Colonial breeding in seabirds. In Schreiber, E.A. & Burger, J. (eds) *Biology of Marine Birds*: 87–113. CRC Press, EUA.
- Courchamp, F., Chapuis, J.-L., Pascal, M.** 2003. Mammal invaders on islands: impact, control and control impact. *Biological Reviews* **78**: 347–383.
- Cramp, S., Simmons, K. E. L.** (eds) 1977. *The Birds of the Western Palearctic*, Vol.1, Oxford Univ. Press, Oxford.
- Croxall, J. P.** (ed.) 1987. *Seabirds: Feeding Biology and Role in Marine Ecosystems*. Cambridge University Press.
- Croxall, J.P., Rothery, P., Crisp, A.** 1992. The effect of maternal age and experience on egg-size and hatching success in Wandering Albatrosses *Diomedea exulans*. *Ibis* **134**: 219-228.
- Cury, P., Shannon, L., Shin, Y.-J.** 2001. The functioning of marine ecosystems. Reykjavik Conference on Responsible Fisheries in the Marine Ecosystem. Reykjavik, Iceland, 1-4 October.

- Diamond, A. W., Devlin, C. M.** 2003. Seabirds as indicator of changes in marine ecosystems: ecological monitoring on Machias Seal Island. *Environmental Monitoring and Assessment* **88**: 153–175.
- Drever, M. C., Blight, L. K., Hobson, K. A., Bertram, D. F.** 2000. Predation on seabird eggs by Keen's mice (*Peromyscus keeni*): using stable isotopes to decipher the diet of a terrestrial omnivore on a remote offshore island. *Canadian Journal of Zoology* **78(11)**: 2010–2018.
- Evans, D. R., Cavanagh, P. M.** 1995. Identifying the sex of Massachusetts Herring Gull by linear measurements. *Journal of Field Ornithology* **66**: 128-132.
- Everitt, B. S., Dunn, G.** 2001. *Applied multivariate data analysis*. 2nd Edition, Oxford University Press Inc., New York, 342 pp.
- Fairbairn, J., Shine, R.** 1993. Patterns of sexual size dimorphism in seabirds of the Southern Hemisphere. *Oikos* **68**: 139-145.
- Finney, S. K., Wanless, S., Harris, M. P., Monaghan, P.** 2001. The impact of gulls on puffin reproductive performance: an experimental test of two management strategies. *Biological Conservation* **98**: 159 – 165.
- Fisher, R. A.** 1930. *The genetical theory of natural selection*. Clarendon Press, Oxford.
- Fowler, J., Cohen, L.** 1993. *Practical statistics for field biologists*. John Wiley & Sons Ltd., England, 227 pp.
- Fridolfsson, A., Ellegren, H.** 1999. A Simple and Universal Method for Molecular Sexing of Non-Ratite Birds. *Journal of Avian Biology* **30 (1)**: 116-121.
- Furness, R. W., Monaghan, P.** 1987. *Seabird Ecology*. Chapman & Hall, New York, 164pp.
- Furness, R. W., Hilton, G., Monteiro, L. R.** 2000. Influences of coastal habitat characteristics on the distribution of Cory's shearwater *Calonectris diomedea* in the Azores archipelago. *Bird Study* **47**: 257-265.
- Genovart, M., Oro, D., Forero, M. G., Igual, J. M., González-Solís, J., Ruiz, X.** 2005. Parental body condition does not correlate with offspring sex ratio in Cory's Shearwater. *The Condor* **107**: 161-167.
- Gill, F. B.** 1990. *Ornithology*. W. H. Freeman and Company, New York, 660 pp.
- González-Solís, J., Croxall, J. P.** 2005. Differences in foraging behaviour and feeding ecology in giant petrels. In Ruckstuhl, K. E. & Neuhaus, P. (eds.) *Sexual Segregation in Vertebrates: Ecology of the two sexes* 92-111. Cambridge University Press.

- González-Solís, J., Croxall, J. P., Oro, D., Ruiz, X.** 2007. Trans-equatorial migration and mixing in the wintering areas of a pelagic seabird. *Frontiers in Ecology and the Environment* **5(6)**: 297–301.
- Granadeiro, J. P.** 1991. The breeding biology of Cory's shearwater *Calonectris diomedea borealis* on Berlenga Island, Portugal. *Seabird* **13**: 30-39.
- Granadeiro, J. P.** 1993. Variation in measurements of Cory's Shearwater between populations and sexing by discriminant analysis. *Birding and Ringing* **14**: 103-112.
- Granadeiro, J. P., Nunes, M., Silva, M. C., Furness, R. W.** 1998. Flexible foraging strategy of Cory's shearwater, *Calonectris diomedea*, during the chick-rearing period. *Animal Behaviour* **56**: 1169-1176.
- Granadeiro, J. P., Dias, M. P., Rebelo, R., Santos, C. D., Catry, P.** 2006. Numbers and Population Trends of Cory's Shearwater *Calonectris diomedea* at Selvagem Grande, Northeast Atlantic. *Waterbirds* **29(1)**: 56-60.
- Griffiths, R.** 1992. Sex-biased mortality in the Lesser Black-backed Gull *Larus fuscus* during nestling stage. *Ibis* **134**: 237-244.
- Griffiths, R., Daan, S., Dijkstra, C.** 1996. Sex identification in birds using two CHD genes. *Proceedings of the Royal Society B London B* **263**: 1251–1256.
- Harding, A.M., J.F. Piatt and W.J. Sydeman.** 2005. Bibliography of literature on seabirds as indicators of the marine environment. USGS Alaska Science Center, Anchorage, Alaska. 20 pp., disponível em http://alaska.usgs.gov/science/biology/seabirds_foragefish/sai/.
- Hobson, K. A., Drever, M. C., Kaiser, G. W.** 1999. Norway Rats as Predators of Burrow-Nesting Seabirds: Insights from Stable Isotope Analyses. *The Journal of Wildlife Management* **63(1)**: 14-25.
- Hunt, G. L., Schneider, D. C.** 1987. Scale-dependent processes in the physical and biological environment of marine birds. In Croxall, J. P. (ed.) *Seabirds: feeding ecology and role in marine ecosystems*. Cambridge University Press.
- ICES.** 2000. Report of the Working Group on Seabird Ecology. Oceanography Committee, International Council for the Exploration of the Sea, Dinamarca. Disponível *on-line* em <http://www.ices.dk/reports/occ/2000/WGSE00.PDF>.

- Igual, J. M., Forero, M. G., Gomez, T., Orueta, J. F., Oro, D.** 2005. Rat control and breeding performance in Cory's Shearwater (*Calonectris diomedea*): effects of poisoning effort and habitat features. *Animal Conservation* **9**: 59-65.
- Imber, M., Harrison, M. & Harrison, J.** 2000. Interactions between petrels, rats and rabbits on Whale Island, and effects of rat and rabbit eradication. *New Zealand Journal of Ecology* **24**: 153–160.
- Jouventin, P., Lequette, B., Dobson, F.S.** 1999. Age-related mate choice in the wandering albatross. *Animal Behaviour* **57**(5): 1099-1106(8).
- Jouventin, P., Charmantier, A., Dubois, M., Jarne, P., Bried, J.** 2007. Extra-pair paternity in the strongly monogamous Wandering Albatross *Diomedea exulans* has no apparent benefits for females. *Ibis* **149**: 67–78.
- Jouventin, P., Bried, J., Micol, T.** 2003. Insular bird populations can be saved from rats: a long-term experimental study of white-chinned petrels *Procellaria aequinoctialis* on Ile de la Possession (Crozet archipelago). *Polar Biology* **26**: 371–378.
- Léon, A., Mínguez, E., Neves, V. R.** 2005. Factors affecting breeding distribution and seabird richness within the Azores archipelago. *Atlantic Seabirds* **7**(1): 15-22.
- Lewis, S., Benvenuti, S., Dall'Antonia, L., Griffiths, R., Money, L., Sherrat, T.N., Wanless, S., Hamer, K.C.** 2002. Sex specific foraging behaviour in monomorphic species. *Proceedings of the Royal Society London B* **269**(1501): 1687-1692.
- Livingston, P.** 2002. Ecosystem Considerations for 2003 – Appendix C, North Pacific Fishery Management Council. Disponível *on-line* em www.afsc.noaa.gov/refm/docs/2002/ecochap.pdf.
- Lombardi, J.** 1998. *Comparative vertebrate reproduction*, Kluwer Academic, Boston, 469 pp.
- Martínez-Abraín, A.** 2003. Research applied to the conservation of seabirds breeding on islands of the Western Mediterranean – Dissertação para obtenção do Grau de Doutor em Ciências Biológicas do Departamento de Biologia Animal (Vertebrados), Faculdade de Biologia, Universidade de Barcelona.
- Monteiro, L.R. & Furness, R.W.** 1995. Seabirds as monitors of mercury in the marine environment. *Water, Air, and Soil Pollution* **80**: 851–870.

- Monteiro, L.R. & Feio, R.S.** unpubl. 1995. Raft attendance patterns of Cory's shearwater *Calonectris diomedea* and the use of raft counts in population census, Departamento de Oceanografia e Pescas, Universidade dos Açores, Faial (Açores).
- Monteiro, L. R., Ramos, J. A., Furness, R. W., del Nevo, A. J.** 1996a. Movements, morphology, breeding, molt, diet, and feeding of seabirds in the Azores. *Colonial Waterbirds* **19** (1): 82-97.
- Monteiro, L. R., Ramos, J. A., Furness, R. W.** 1996b. Past and present status and conservation of the seabirds breeding in the Azores Archipelago. *Biological Conservation* **78**: 319-328.
- Mougin, J-L.** 1998. Factors affecting egg dimensions and breeding success in the Cory's shearwater (*Calonectris diomedea*) of Selvagem Grande. *Journal of Ornithology* **139**: 179-184.
- Mougin, J-L.** 1999. The influence of colony characteristics on some breeding parameters in the Cory's shearwater *Calonectris diomedea borealis*. *Ardeola* **46**(1): 45-51.
- Mougin, J-L., Jouanin, C., Roux, F., Zino, F.** 2000. Fledging weight and juvenile survival of Cory's Shearwater *Calonectris diomedea* on Selvagem Grande. *Ring and Migration* **20**: 107-110.
- Mougin, J-L., Jouanin, C., Mougin, M-C., Roux, F.** 2001. The influence of neighbours on breeding synchrony in Cory's shearwater *Calonectris diomedea*. *Marine Ornithology* **29**: 51-56.
- Mougin, J-L., Jouanin, C., Roux, F.** 2002. Inexperienced birds and breeding in the Cory's shearwater (*Calonectris diomedea*). *Journal of Ornithology* **143**: 57-63.
- Mullarney, K., Svensson, L., Zetterström, D., Grant, P. J.** 2003. *Guia de Aves*. Versão Portuguesa, Assírio & Alvim.
- Nager, R. G., Monaghan, P., Houston, D. C., Genovart, M.** 2000. Parental condition, brood sex ratio and differential young survival: an experimental study in gulls (*Larus fuscus*). *Behavioral Ecology and Sociobiology* **48**: 452-457.
- Oro, D.** 1996. Colonial seabird nesting in dense and small colonies: an advantage against aerial predation. *The Condor* **98**: 848-850.
- Pederson, K. C., Hyrenbach, K. D., Morgan, K., Elliott, G., Yen, P., Sydeman, W. J.** 2005. Pelagic Predators, Prey and Processes: a multi-species approach to the conservation of offshore organisms and habitats in the California Current System.

disponível *on-line* em

<http://www.prbo.org/cms/docs/marine/Pederson%20et%20al%202004.pdf>

- Pereira, J. G.** 2005. Behaviour of bigeye tuna in a baitboat fishery. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT* **57(1)**: 116-128.
- Pennycuik, C. J.** 1987. Flight of seabirds. In Croxall, J. P. (ed.) *Seabirds: Feeding Biology and Role in Marine Ecosystems*. Cambridge University Press.
- Prince, P. A., Morgan, R. A.** 1987. Diet and feeding ecology of Procellariiformes. In Croxall, J. P. (ed.) *Seabirds: Feeding Biology and Role in Marine Ecosystems*. Cambridge University Press.
- Quillfeldt, P. & Masello, J.** 2004. Context-dependent honest begging in Cory's shearwaters (*Calonectris diomedea*): influence of food availability. *Acta ethologica* **7**: 73-80.
- Quillfeldt, P., Träger, I., Griffiths, K., Buchanan, K. L., Masello, J. F.** 2007. Is sex-specific mass gain in Cory's shearwaters *Calonectris diomedea* related to begging and steroid hormone expression? *Behavioral Ecology and Sociobiology* **61**:793-800.
- Quinn, G. P., Keough, M. J.** 2005. *Experimental design and data analysis for biologists*. 4th Edition, Cambridge University Press, UK, 537 pp.
- Ramos, J. A., Monteiro, L. R., Sola, E., Moniz, Z.** 1997. Characteristics and competition for nest cavities in burrowing Procellariiformes. *The Condor* **99**: 634-641.
- Ramos, J. A., Moniz, Z., Solá, E., Monteiro, L. R.** 2003. Reproductive measures and chick provisioning of Cory's shearwater *Calonectris diomedea borealis* in the Azores. *Bird Study* **50**: 47-54.
- Reid, K., Prince, P. A., Croxall, J. P.** 2000. Fly or die: the role of fat stores in the growth and development of Grey-headed Albatross *Diomedea chrysostoma* chicks. *Ibis* **142 (2)**: 188-198.
- Ricklefs, R. E., White, S., Cullen, J.** 1980. Postnatal development of Leach's Storm-Petrel. *The Auk* **97**: 768-781.
- Schreiber, E. A.** 2002. Climate and Weather Effects on Seabirds. In Schreiber, E.A. & Burger, J. (eds) *Biology of Marine Birds*: 179-215. CRC Press, EUA.
- Schreiber, E. A., Burger, J.** 2002. Seabirds in the marine environment. In Schreiber, E.A. & Burger, J. (eds) *Biology of Marine Birds*: 1-15. CRC Press, EUA.

- Selander, R. K.** 1966. Sexual dimorphism and differential niche utilization in birds. *The Condor* **68**: 113-151.
- Seto, N.W.H. & Conant, S.** 1996. The effects of rat (*Rattus rattus*) predation on the reproductive success of the Bonin Petrel (*Pterodroma hypoleuca*) on Midway Atoll. *Colonial Waterbirds* **19**: 171-185.
- Shaffer, S. A., Weimerskirch, H., Costa, D. P.** 2001. Functional significance of sexual dimorphism in Wandering Albatrosses, *Diomedea exulans*. *Functional Ecology* **15**: 203-210.
- Silva, L, Smith, C. W.** 2004. A characterization of the non-indigenous flora of the Azores Archipelago. *Biological Invasions* **6**: 193-204.
- Sinclair, A. R. E., Byrom, A. E.** 2006. Understanding ecosystem dynamics for conservation of biota. *Journal of Animal Ecology* **75**: 64-79.
- Stamps J. A.** 1990. When should avian parents differentially provision sons and daughters? *American Naturalist* **135**: 671-685.
- Stokes, D. L.; Boersma, P. D.** 1998. Nest-site characteristics and reproductive success in Magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*). *The Auk* **115**(1): 34-49.
- Taylor, R.W. & Thomas, B.W.** 1993. Rats eradicated from Rugged Breaksea Island (170 Ha), Fjorland, New Zealand. *Biological Conservation* **65**: 191-198.
- Thibault, J.-C.** 1995. Effect of predation by the black rat *Rattus rattus* on the breeding success of Cory's Shearwater *Calonectris diomedea* in Corsica. *Marine Ornithology* **23**: 1-10.
- Thibault, J.-C., Bretagnolle V., Rabouam, C.** 1997. Cory's shearwater. *BWP Update* **1**: 75-98.
- Trimm, N. A. Jr.** 2004. Behavioral Ecology of Audubon's Shearwaters at San Salvador, Bahamas – Dissertação para obtenção do Grau de Doutor em Biologia, Loma Linda University Graduate School, Califórnia.
- Vergara, P., Aguirre, J. I.** 2006. Age and breeding success related to nest position in a White stork *Ciconia ciconia* colony. *Acta Eocologica* **30**: 414-418.
- Veitch, C.R.** 1985. Methods of eradicating feral cats from offshore islands in New Zealand. In Moors, P.J. (ed) *Conservation of island birds*: 125-141, vol 3. ICBP Technical Publication, ICBP.
- Verity, P., Smetacek, V., Smayda, T. J.** 2002. Status, trends and the future of the marine pelagic ecosystem. *Environmental Conservation* **29**(2): 207-237.

- Vitousek P.M., Mooney, H.A., Lubchenco, J., Melillo, J.M.** 1997 Human domination of Earth's ecosystems. *Science* **277**: 494–499
- Warham J.** 1990. *The petrels: their ecology and breeding systems*. San Diego: Academic Press.
- Weimerskirch, H., Barbraud, C., Lys, P.** 2000. Sex Differences in Parental Investment and Chick Growth in Wandering Albatrosses: Fitness Consequences. *Ecology* **81**(2): 309-318.
- Weimerskirch, H.** 2006. Seabirds as indicators of marine ecosystems, *Eos Trans. AGU*, 87(36), *Ocean Scientific Meeting Supplement*, Abstract OS52H-02.
- Weimerskirch, H., Barbraud, C., Lys, P.** 2002. Sex Differences in Parental Investment and Chick Growth in Wandering Albatrosses: Fitness Consequences. *Ecology* **81**(2): 309-318.
- Zino, P. A.** 1971. The breeding of Cory's shearwater *Calonectris diomedea* on the Salvage Islands. *Ibis* **113**: 212-217.